

# REALIZACE PROJEKTU – SNÍŽENÍ EMISÍ ZE ZDROJŮ PRAŠNOSTI HLUBINNÝCH ZÁSOBNÍKŮ HZ1 A HZ2 VE SMĚRU OBCE LEDVICE

Ing. Vítězslav Votruba, VIVO consult s.r.o.

Medlov 5/2019

## 1.1. CFD (computational fluid dynamics) modelování metodou Navier-Stokes (RANS)

1.1.1. Předmětem dodávky byl CFD model – výpočet fluidního dynamického modelování v zájmové oblasti. Podkladem pro vypracování CFD modelování byl solid model ve 3D (objednatel poskytl model 3D ve formátu STEP). V modelu byly zachyceny hlavní linie, obrysy a výšky budov a zařízení).



Simulace proudění plynů je schopna předvídat jak **laminární**, tak **turbulentní** proudění. Laminární toky se vyskytují při nízkých hodnotách Reynoldsova čísla, které je definováno jako součin reprezentativních stupnic rychlosti a délky děleno kinematickou viskozitou. Když Reynoldsovo číslo překročí určitou kritickou hodnotu, tok se stane turbulentním, tj. Průtokové parametry začnou kolísat náhodně.

Pro predikci turbulentních toků se používají Favreovy zprůměrované Navierovy-Stokesovy rovnice, kde se berou v úvahu časově zprůměrované účinky průtokové turbulence na průtokové parametry, zatímco ostatní, tj. Velkoplošné, časově závislé jevy jsou brány v úvahu přímo. Tímto postupem se v rovnicích, pro které musí být poskytnuty další informace, objevují další termíny známé jako Reynoldsova napětí. K uzavření tohoto systému rovnic využívá simulace proudění transportní rovnice pro turbulentní kinetickou energii a její disipační rychlost, tzv. k-ε model.

Simulace proudění využívá jeden systém rovnic pro popis laminárních i turbulentních toků. Kromě toho je možný přechod z laminárního do turbulentního stavu a/nebo naopak.

#### Vypracování a dodání:

- ✓ CFD počítačová simulace zobrazuje výsledné vektory proudění větru
- ✓ Umožnila optimalizaci rozmístění, tvaru a velikosti stěn

#### Výstupy:

- ✓ modelování větru na základě návrhu protiprašné stěny
- ✓ Tabulkové výsledky rychlostí větru v aplikaci Excel v různých bodech oblasti
- ✓ Optimalizace záměru výstavby protivětrných stěn

## 1.2. Příprava projektu

Severočeské doly a.s., Chomutov realizovaly v letech 2013-2015 projekt „Snížení fugitivních emisí částic modernizací nakládky tříděného uhlí včetně jejího úplného vymístění z obydleného území“.

Projekt byl spolufinancován Evropskou unií – fondem soudržnosti v rámci Operačního programu Životní prostředí.

Předmětem projektu bylo vybudování nového nakládacího místa tříděného uhlí, které je nově umístěno ve větší vzdálenosti od obydleného území města Ledvice.

V Roce 2018 investor realizoval další projekt Instalace protivětrných stěn s porozitou 30% s cílem dalšího snížení úniku prašných částic ze dvou prašných zdrojů HZ1 a HZ2 do přilehlého města Ledvice.

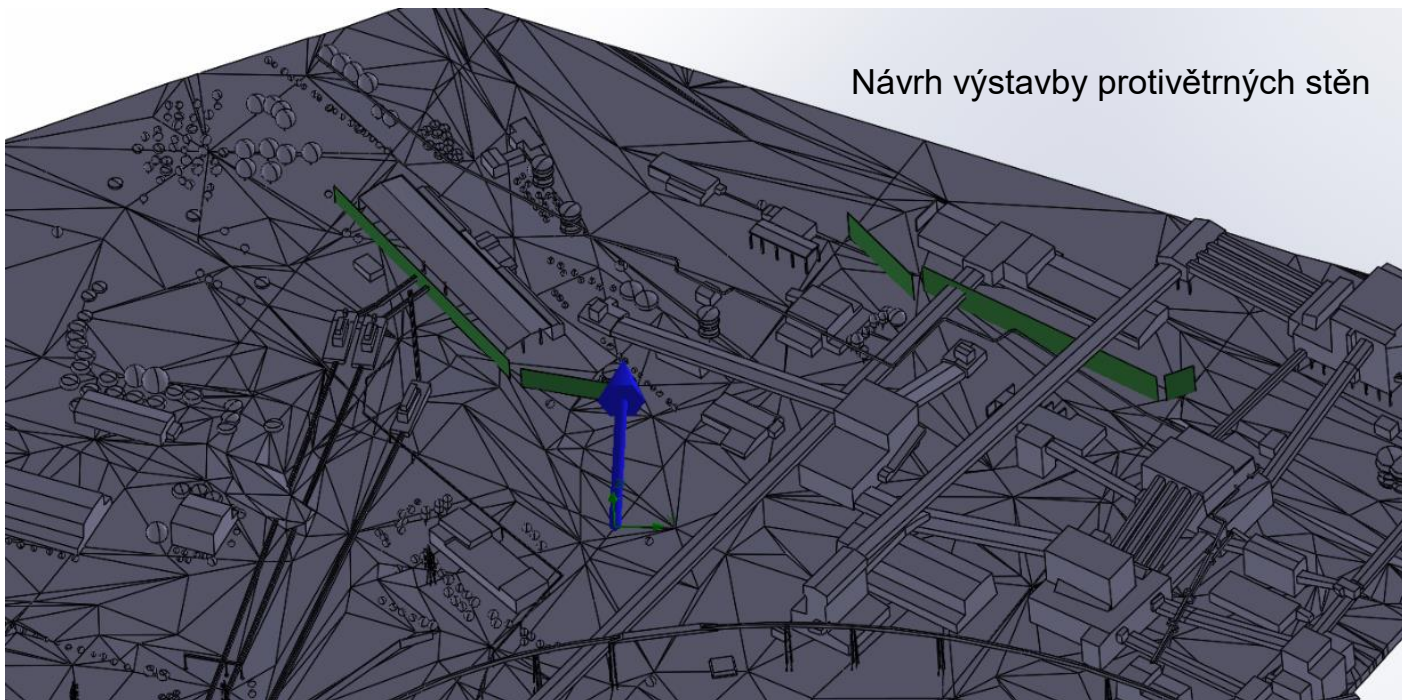
## 1.3. Instalace protivětrných stěn

1.3.1. Výrobce porézních sítí fa. DSI jižní Karolína (USA) vyrábí dva druhy protivětrných sítí Dust Tamer™ s porovitostí 50% a 30%. Tyto protivětrné stěny redukuje rychlost větru o 50% resp. 70% plynule v rozsahu rychlosti větru do 160km/hod (44,4m/s). Díky vzoru tkaniny mají i samočisticí schopnost a materiál zaručuje dlouhodobou životnost (nejstarší instalované aplikace jsou v provozu již více jak 30let). S ohledem na větrnou aktivitu v oblasti, směr působení větru a plošnou velikost zdroje prašnosti bylo rozhodnuto o použití materiálu s porovitostí 30%. Propočtení environmentálních přínosů je popsán v odstavci 1.4. Pro výpočet konstrukce sloupů byly použity zatěžovací hodnoty od větru s ohledem na danou porozitu.

Porovitost 30%

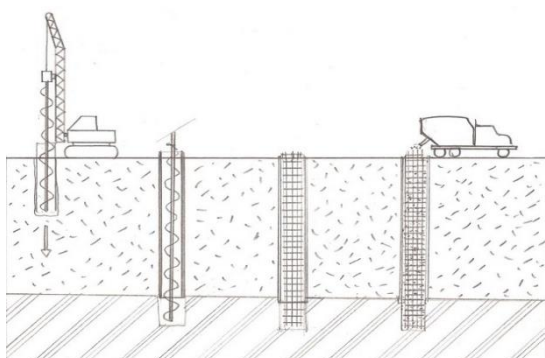
DESIGN WIND PRESSURES FOR DUST SOLUTIONS INC. 8510 SCREEN WALL (PSF)								
SCREEN WALL HEIGHT, H (FT)	DESIGN WIND SPEED, 3-SECOND GUST (MPH)							
	85	90	100	110	120	130	140	150
0 < H ≤ 15	8.9	10.0	12.4	15.0	17.8	20.9	24.3	27.9
15 < H ≤ 20	9.7	10.9	13.5	16.3	19.4	22.8	26.4	30.3
20 < H ≤ 25	10.4	11.6	14.3	17.3	20.6	24.2	28.1	32.3
25 < H ≤ 30	11.0	12.3	15.2	18.4	21.9	25.7	29.8	34.2
30 < H ≤ 40	11.9	13.4	16.5	20.0	23.8	27.9	32.4	37.1
40 < H ≤ 50	12.7	14.3	17.6	21.3	25.3	29.7	34.5	39.6
50 < H ≤ 60	13.3	15.0	18.5	22.3	26.6	31.2	36.2	41.5
60 < H ≤ 70	14.0	15.7	19.3	23.4	27.8	32.7	37.9	43.5
70 < H ≤ 80	14.6	16.4	20.2	24.4	29.1	34.1	39.6	45.5
80 < H ≤ 90	15.1	16.9	20.9	25.2	30.0	35.2	40.9	46.9
90 < H ≤ 100	15.5	17.4	21.5	26.0	31.0	36.3	42.2	48.4

## Návrh výstavby protivětrných stěn



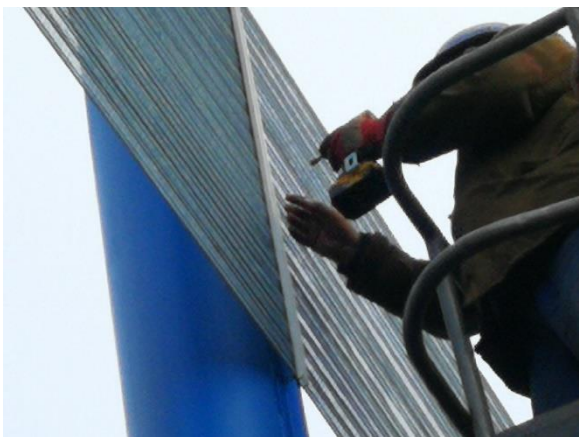
### 1.3.2. Rozmístění nosných sloupů

Podle analýzy CFD, směru proudění větru, místní dispozice a zatížení větrem provedl investor zaměření a návrh konstrukce a rozmístění nosných sloupů. Založení sloupů bylo provedeno vrtačných pilotů. Nadzemní část byla vyrobena ze silnostěnných trubek.

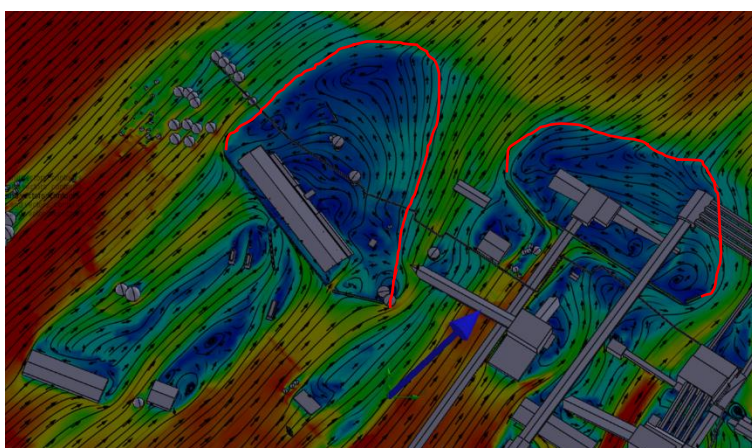
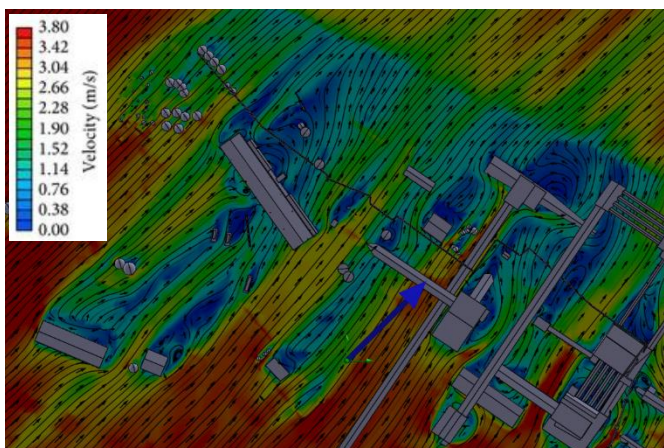


### 1.3.3. Instalace protivětrných sítí Dust Tamer™

Na nosné sloupy jsou sítě upevněny pomocí upevňovacích lišt, které jsou přišroubovány k omega konzolám na sloupech. Sítě se napínají silou 3000N mezi jednotlivými sloupy a upevňují se na každý z nich stejným způsobem. Jednotlivé pásy se k sobě nakonec připevní úvazy tak, aby stěna tvořila monolitický celek.

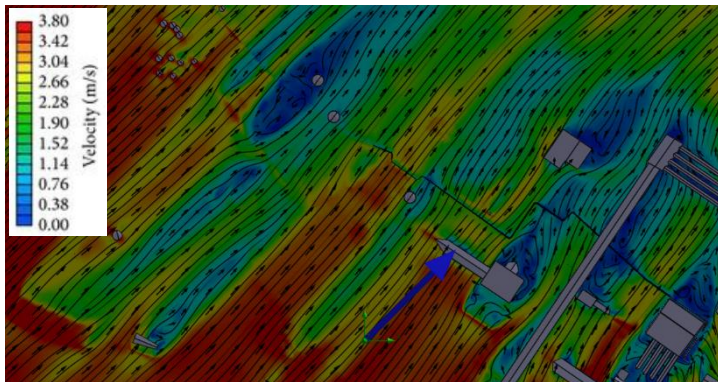


Napětí sítí na sloupech je více důležité pro životnost porovité stěny a odolnost proti tzv. vyvlátí (flagging effect). Stěny jsou průhledné a na závětrné straně pokrývají prostor ve vzdálenosti cca 15-20 násobku výšky stěny s redukovanou rychlostí větru.

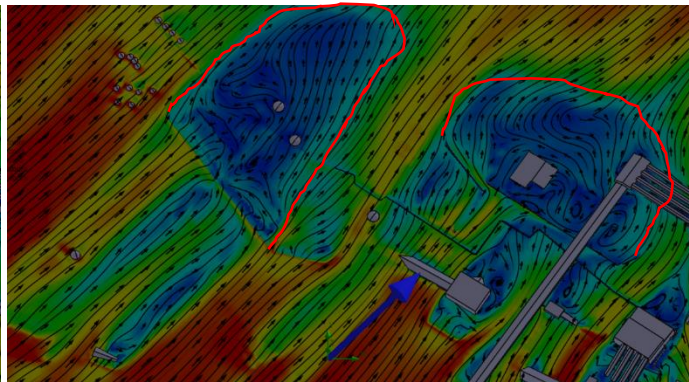


Před instalací stěny 5m nad zemí, směr JV

Po instalaci stěny 5m nad zemí, směr JV



Před instalací stěny 10m nad zemí, směr JV



Po instalaci stěny 10m nad zemí, směr JV

#### 1.4. Vyhodnocení environmentálních přínosů projektu [1]

Realizace projektu bude mít z pohledu životního prostředí pozitivní efekt, protože dojde ke snížení emisí tuhých znečišťujících látek. Jak bylo uvedeno, tkanina **Dust Tamer™** garantuje snížení rychlostí větru o 70 %.

Pro určení environmentálních přínosů projektu proto byl proveden výpočet emisí prachových částic zviřených větrem, a to shodnou metodikou jako v případě posouzení předchozího stavu, avšak při vynásobení všech 10minutových rychlostí větru koeficientem 0,3. Z vyhodnocení vyplynulo, že v tomto případě by za celé 5leté období (2012 – 2016) **nenastal ani jeden případ, kdy by rychlost proudění vzduchu přesáhla mezní frikční rychlost dle metodiky**. To znamená, že výsledné množství fugitivních emisí ve stavu „s projektem“ dosahuje hodnoty **0 t/rok**.

Výše uvedený závěr ovšem platí pouze pro situaci, kdy proudící vítr prochází přes instalovanou stěnu. K eliminaci emise bude ovšem docházet jak v situaci, kdy je stěna v pozici návětrné (sníží se rychlost větru „vstupujícího“ do prostoru hlubinného zásobníku či jeho okolí), tak i pokud bude stěna v pozici závětrné – v tomto případě sice dojde na krátkou vzdálenost k vznosu prachových částic, následně se však vítr zbrzdí o stěnu a prach opět sedimentuje na povrch, zčásti bude též zachycen samotnou stěnou a sklepáván na zem.

K záchytu prachu naopak nebude docházet v případech, kdy bude směr větru orientován zcela mimo stěnu. Výskyt těchto případů je omezen „zalomením“ půdorysu stěny, přesto se však budou vyskytovat, neboť přítomnost okolních konstrukcí, komunikací a vedení neumožňují objekty hlubinných zásobníků zcela „obestavět“. Pro účely vyhodnocení environmentálních přínosů projektu byl pro určení výskytu těchto situací použit následující postup:

- nejprve byly vykresleny výseče, odpovídající příslušným směrům proudění, přičemž střed výseče byl umístěn do středu odstíněné plochy
- okrajovým přímkám těchto výsečí byl přiřazen příslušný azimut
- na základě větrné růžice, poskytnuté ČHMÚ, byla určena četnost proudění z příslušných směrů
- součet této četnosti pak představuje podíl celkové roční emise, která bude zviřena větrem z odstíněné plochy a nebude zachycena stěnou

Z analýzy vyplynulo, že proudění větru mimo stěnu je nutno uvažovat:

- v případě hlubinného zásobníku HZ I pro proudění pod úhly 93° – 128° a 273° – 308°
- v případě zásobníku HZ II pro proudění pod úhly 114° – 136° a 294° – 316°

Rozdělení směrů větru dle větrné růžice ČHMÚ je uvedeno v následující tabulce.

**Tab. 5. Četnost proudění vzduchu dle větrné růžice ČHMÚ (% z celkové roční doby) [1]**

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	bezvětrí
4,45	9,88	12,28	1,92	1,50	6,68	27,29	13,73	22,27

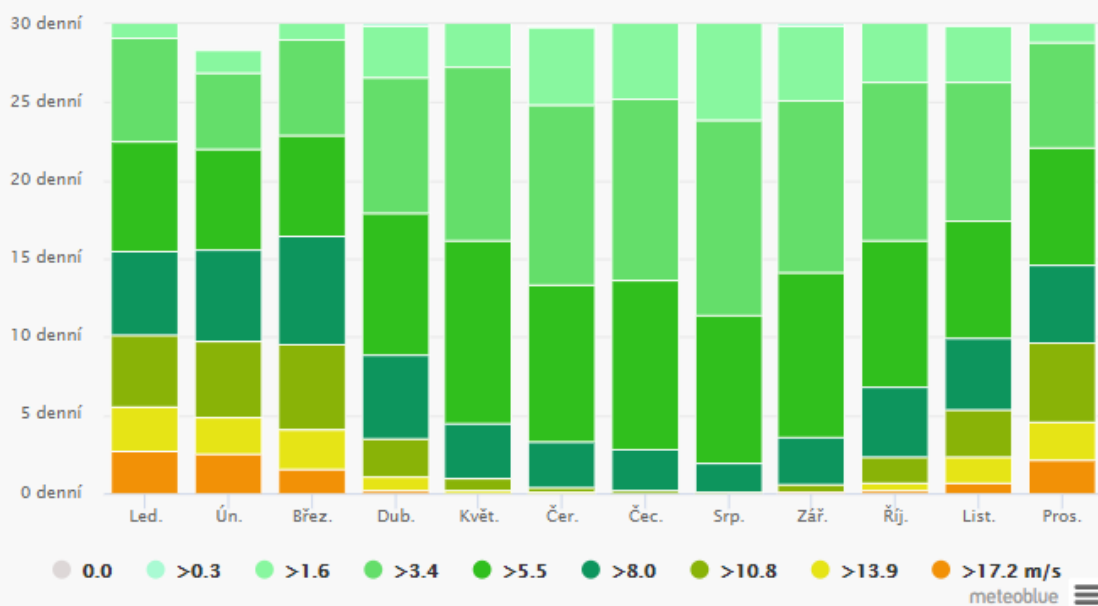
Každý směr proudění ve větrné růžici odpovídá výšeci o rozpětí 45°. Jejich průmětem vůči výše uvedeným výšecím, při nichž lze očekávat fugitivní emisi u hlubinných zásobníků HZ I a HZ II, byly odvozeny následující podíly v % z celkové roční doby:

- pro hlubinný zásobník HZ I – 22,54 % roční doby
- pro hlubinný zásobník HZ II – 7,65 % roční doby

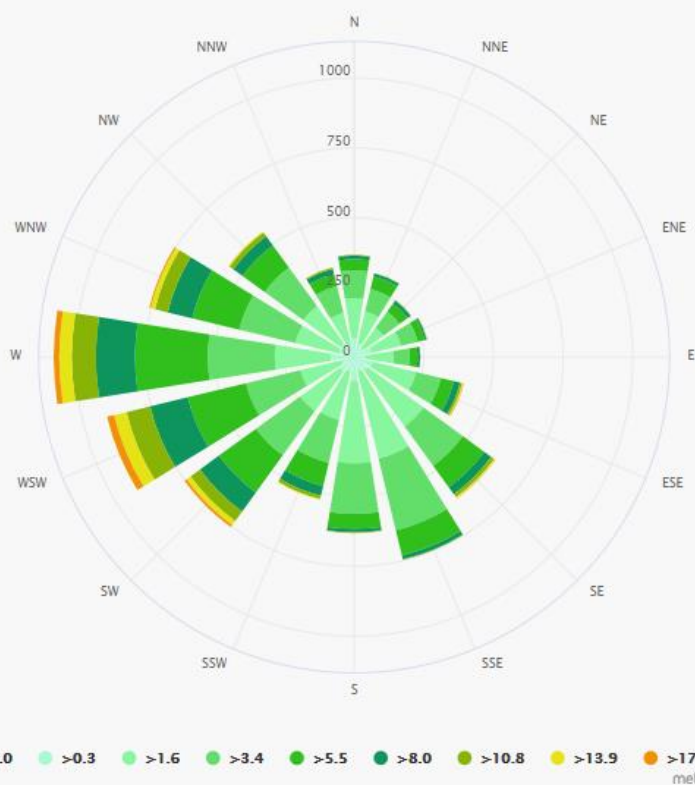
Nižší podíl u HZ II je dán výše zmíněným zalomením půdorysu stěny současně se skutečností, že u tohoto zásobníku je uvažována menší odstíněná plocha a většina této plochy je tak stěnou dostatečně ochráněna při různých směrech proudění.

Výsledná emise ve stavu s projektem je pak dána součinem výše uvedených podílů roční doby a vstupní současné emise. Porovnání produkce emisí před a po realizaci opatření a vyhodnocení environmentálního efektu projektu pak umožňují následující tabulky.

### Rychlost větru



### Větrná růžice



**Tab. 6. Porovnání produkce emisí tuhých znečišťujících látek (TZL) [1]**

Zdroj emisí	Emise TZL (t/rok)		Snížení emisí po realizaci projektu	
	Bez projektu	S projektem	t/rok	%
Hlubinný zásobník HZ I	17,20	3,87	-13,33	-77,50
Hlubinný zásobník HZ II	15,76	1,21	-14,55	-92,30
<b>Celkem</b>	<b>32,97</b>	<b>5,08</b>	<b>-27,88</b>	<b>-84,58</b>

**Tab. 7. Porovnání produkce emisí PM<sub>10</sub> [1]**

Zdroj emisí	Emise PM <sub>10</sub> (t/rok)		Snížení emisí po realizaci projektu	
	Bez projektu	S projektem	t/rok	%
Hlubinný zásobník HZ I	8,60	1,94	-6,67	-77,50
Hlubinný zásobník HZ II	7,88	0,61	-7,27	-92,30
<b>Celkem</b>	<b>16,48</b>	<b>2,54</b>	<b>-13,94</b>	<b>-84,58</b>

**Tab. 8. Porovnání produkce emisí PM<sub>2,5</sub> [1]**

Zdroj emisí	Emise PM <sub>2,5</sub> (t/rok)		Snížení emisí po realizaci projektu	
	Bez projektu	S projektem	t/rok	%
Hlubinný zásobník HZ I	1,29	0,29	-1,00	-77,50
Hlubinný zásobník HZ II	1,18	0,09	-1,09	-92,30
<b>Celkem</b>	<b>2,47</b>	<b>0,38</b>	<b>-2,09</b>	<b>-84,58</b>

## 1.5. Závěrečné zhodnocení

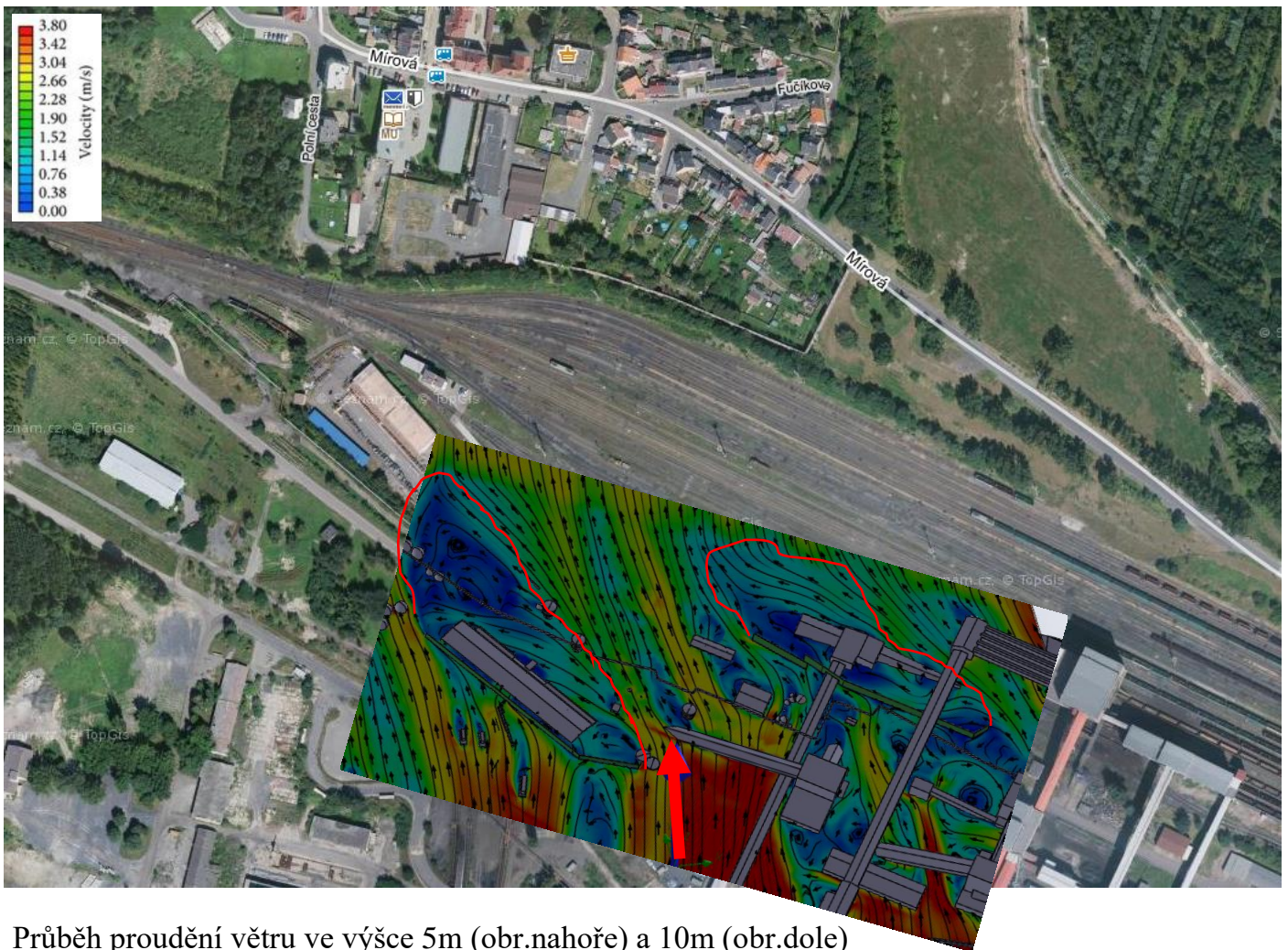
Po instalaci protivětrných porézních stěn došlo k výraznému poklesu větrné aktivity o 70% a to v místě nejvyšší koncentrace prašnosti. V místě zdroje prašnosti byly tak vytvořeny podmínky, kdy rychlost proudění vzduchu je nižší než mezní frikční rychlost. Ve směru k městu Ledvice byl tak únik prašnosti z těchto dvou zdrojů hlubinných zásobníků HZ1 a HZ2 významně zredukován.

**Výpočtem byl stanoven odhad snížení fugitivních emisí prachu o 27,9 tun ročně, v relativním srovnání jde o snížení emisí o 84,6 %.**

### LITERATURA

[1] Mgr. Jan Karel: Vyhodnocení environmentálních přínosů, Praha 2018

[2] Technical reference, Solidworks Flow Simulation 2017



Průběh proudění větru ve výšce 5m (obr.nahore) a 10m (obr.dole)

nad zemí ve směru města Ledvice (JZ) s vyznačení zón HZ1 a HZ2 se sníženou rychlostí větru

