

Izolátory - simulační software

Uživatelská příručka

Obsah

1) Aplikace Izolátory.....	3
1.1. Popis aplikace.....	3
1.2. Technické parametry	3
2) Ovládání aplikace	4
2.1. Instalace	4
3) Hlavní okno aplikace	5
3.1. Záložka Definice sítě.....	5
3.2. Záložka Nastavení výpočtu.....	6
3.3. Záložka Korona - simulace.....	8
3.4. Záložka Korona – určení zdroje.....	9
4) Příloha A – vstupní soubor: pozice_izolatoru.csv	11
5) Příloha B – výstupní soubor simulace všech případů	12
6) Příloha C – vstupní soubor pro hledání zdroje korony	13
7) Příloha D – výstupní soubor hledání zdroje korony.....	14

Seznam obrázků

OBR. 1 - SCREENSHOT - ZÁLOŽKA DEFINICE SÍTĚ	5
OBR. 2 - SÍŤ IZOLÁTORŮ A MIKROFONŮ	6
OBR. 3 – SCREENSHOT - ZÁLOŽKA NASTAVENÍ VÝPOČTU	7
OBR. 4 – SCREENSHOT - ZÁLOŽKA KORONA - SIMULACE	8
OBR. 5 - SIMULACE ZDROJE KORONY	9
OBR. 6 - SCREENSHOT - ZÁLOŽKA KORONA - URČENÍ ZDROJE	9

1) Aplikace Izolátory

1.1. Popis aplikace

Aplikace Izolátory vznikla z důvodu detekce možného zdroje korony v předem definovaném poli izolátorů. Je součástí projektu Izolátory vedeného Ústavem bezpečnostních technologií a inženýrství (Fakulta dopravní, ČVUT).

1.2. Technické parametry

Aplikace Izolátory je určena pro operační systém Windows 10. Je psána v C#, využívá .NET Framework v. 4.6.1.

Samotná programátorská dokumentace je popsána v adresáři doc – soubor index.

2) Ovládání aplikace

2.1. Instalace

Aplikaci není nutné instalovat. Na adrese: <https://security.fd.cvut.cz/download/izolatory.zip> je ke stažení archiv Insulators.zip, který kromě spustitelného souboru Insulators.exe obsahuje také manuál, programátorskou dokumentaci a vzorové vstupní a výstupní soubory pro načítání pozic izolátorů (pro simulaci jednotlivých zdrojů korony) a pozic izolátorů a naměřených hodnot na mikrofonech (pro vyhledávání zdroje korony) a adresář s programátorskou dokumentací.

3) Hlavní okno aplikace

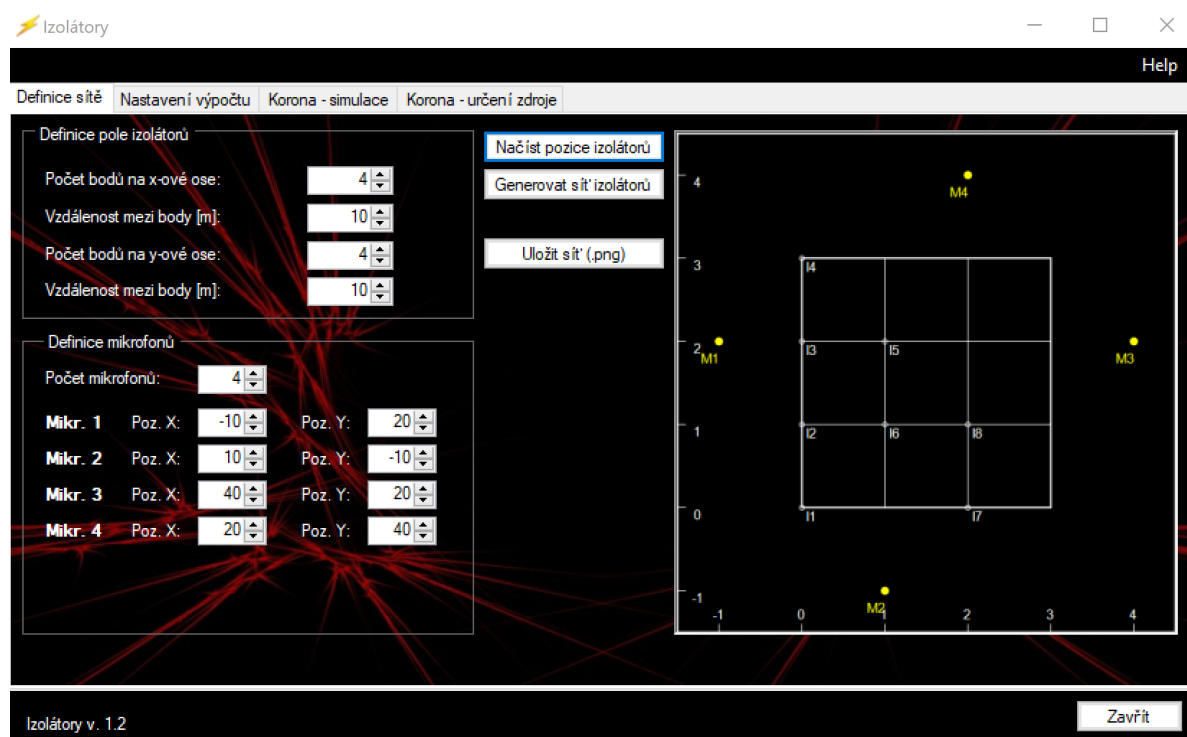
Hlavní okno je složené ze tří částí: horního menu, prostřední části okna a dolního řádku. V horním menu je možnost otevřít informace o programu a manuál.

Prostřední část obsahuje 4 záložky (Definice sítě, Nastavení výpočtu, Korona – simulace, Korona – určení zdroje), které budou popsány v následujících kapitolách.

V dolní části je číslo verze aplikace a tlačítko Zavřít pro ukončení aplikace.

3.1. Záložka Definice sítě

Záložka Definice sítě je určena pro definici pole izolátorů. Je možné jej generovat ručně nebo tyto pozice načíst ze vstupního souboru.



Obr. 1 - Screenshot - záložka Definice sítě

V levé části obrazovky je část Definice pole izolátorů. Obsahuje 4 položky:

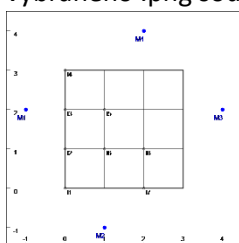
- Počet bodů na x-ové ose
- Vzdálenost mezi body [m]
- Počet bodů na y-ové ose
- Vzdálenost mezi body [m]

Nastavte tyto hodnoty pro generování gridu. Na Obr. 1 je vidět síť velikosti 4x4, vzdálenost mezi jednotlivými vrcholy gridu je 10 m. Takže jednotlivé body v gridu mají pozice [0,0], [10,0], [20,0], [30,0], [0,10],... [30,30].

Druhá část okna je Definice mikrofonů. Do pole Počet mikrofonů zadejte počet mikrofonů, podle toho počtu se zvýší nebo sníží počet záznamů v poli. Pro jednotlivé mikrofony nastavte jejich pozice zadané v [m]. Na Obr. 1 jsou vidět mikrofony M1, M2, M3 a M4 s pozicemi [-10,20], [10,-10], [40,20] a [20,40]. Jsou vyznačené žlutou barvou.

V prostřední části obrazovky jsou 3 tlačítka: Načíst pozice izolátorů, Generovat síť izolátorů a Uložit síť (.png). Jejich funkce je následující:

- Načíst pozice izolátorů: program načte soubor .csv se zadanými pozicemi jednotlivých izolátorů a mikrofonů. Formát vstupního souboru je popsán v Příloha A – vstupní soubor: pozice_isolatoru.csv.
- Generovat síť izolátorů: Po kliknutí na toto tlačítko se vygeneruje síť izolátorů podle hodnot zadaných v části „Definice pole izolátorů“. Vygenerovaná síť pro počet bodů pocX a pocY bude vypadat jako obdélník pocX x pocY a na každém průsečíku čar bude umístěn izolátor. Vzdálenost mezi body budou určovat stejně označená pole v části „Definice pole izolátorů“.
- Uložit síť (.png): Po kliknutí na toto tlačítko se uloží vygenerovaná / načtená síť izolátorů do vybraného .png souboru (viz. Obr. 2 - Síť izolátorů a mikrofonů)



Obr. 2 - Síť izolátorů a mikrofonů

3.2. Záložka Nastavení výpočtu

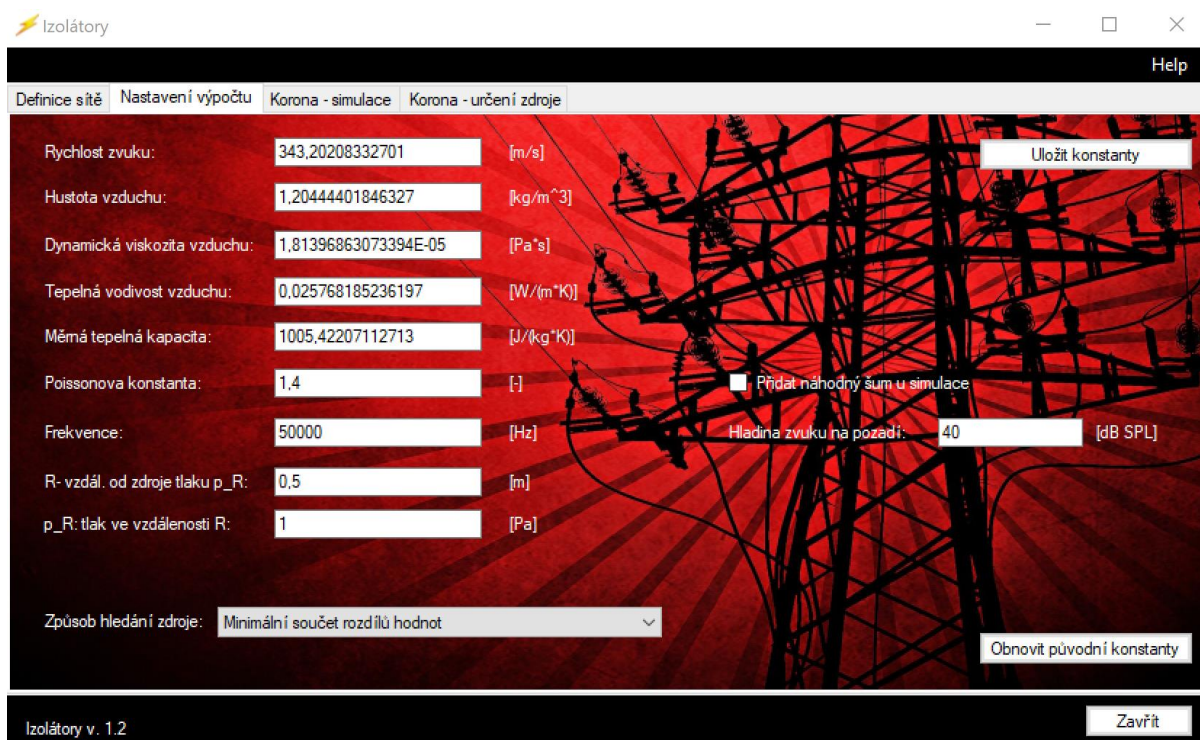
V záložce Nastavení výpočtu se vyplňují konstanty pro výpočet hluku, jako např. rychlost zvuku, hustota vzduchu, dynamická viskozita, tepelná vodivost ap.

Program má uložené defaultní hodnoty těchto konstant, takže je možné kdykoliv pomocí tlačítka Obnovit původní konstanty přepsat aktuální hodnoty těmi, které byly zadány u vytváření aplikace (viz. Obr. 3).

Zároveň je možné si uložit konstanty, se kterými bude uživatel pracovat, a to pomocí tlačítka Uložit konstanty. Po znovu otevření programu budou načtené a předvyplněné aktuálně uložené hodnoty (které lze kdykoliv nahradit defaultními, jak již bylo napsáno v textu výše).

Následuje seznam konstant, které lze v tomto okně nastavit:

Název	Def. Hodnota	Jednotky
Rychlost zvuku	343,20208332701	[m/s]
Hustota vzduchu	1,20444401846327	[kg/m ³]
Dynamická viskozita vzduchu	1,81396863073394E-05	[Pa*s]
Tepelná vodivost vzduchu	0,025758185236197	[W/(m*K)]
Měrná tepelná kapacita	1005,42207112713	[J/(kg*K)]
Poissonova konstanta	1,4	[-]
Frekvence	50000	[Hz]
R – vzdálenost od zdroje tlaku p_R	0,5	[m]
P_R: tlak ve vzdálenosti R	1	[Pa]



Obr. 3 – Screenshot - záložka Nastavení výpočtu

V dolní části obrazovky je rozbalující seznam Způsob hledání zdroje. Ten slouží pro výběr metody určení zdroje korony.

U určování zdroje se nasimulují hodnoty, které by jednotlivé mikrofony zaznamenaly pro všechny možnosti zdroje korony (jako zdroj se postupně vybírají všechny izolátory). Normalizují se podle největší naměřené hodnoty (tzn. ode všech nasimulovaných hodnot se odečte maximální hodnota). A následně se vybere zdroj, který je nejpravděpodobněji zdrojem korony. Jsou tam následující možnosti:

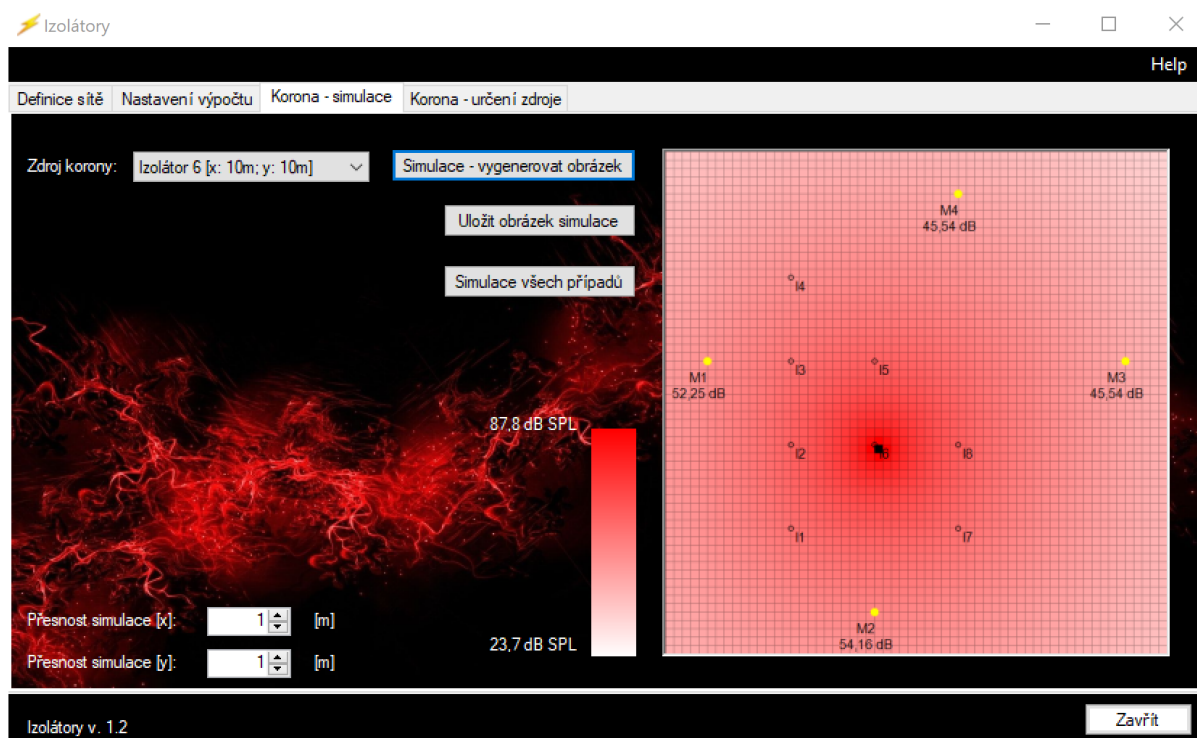
- **Minimální součet rozdílů hodnot** – sečtou se rozdíly mezi naměřenou a nasimulovanou hodnotou na jednotlivých mikrofonech a vybere se záznam, u kterého je tento rozdíl nejmenší. Je to nejjednodušší metoda na určení zdroje.
- **Minimální součet druhých mocnin rozdílů hodnot** – podobně jako v předešlé metodě se sečtou druhé mocniny rozdílů mezi naměřenou a nasimulovanou hodnotou na jednotlivých mikrofonech a vybere se záznam, kde je tento součet nejmenší. Touto metodou se eliminuje možnost, že je součet rozdílů nejmenší, ale je u jednoho mikrofону je rozdíl relativně velký. Najdeme tedy „nejpodobnější“ hodnoty, kde žádný rozdíl nebude významně velký.

Pro simulaci reálného prostředí je možnost přidat k naměřeným hodnotám na jednotlivých mikrofonech náhodný šum. Tato možnost se nastaví zaškrtnutím „Přidat náhodný šum u simulace“ v pravé části obrazovky.

Pod možností přidat náhodný šum u simulace je pole pro nastavení hladiny zvuku na pozadí (implicitní hodnota je 40 dB SPL).

3.3. Záložka Korona - simulace

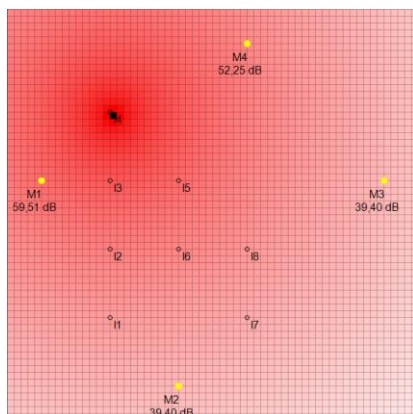
Záložka Korona – simulace je určena pro samotnou simulaci hladiny akustického tlaku způsobenou korunou. Tato záložka je povolena až po načtení pozic izolátorů a mikrofonů, viz. 3.1 Záložka Definice sítě.



Obr. 4 – Screenshot - záložka Korona - simulace

V horní části okna vyberte izolátor, který má být zdrojem korony (rozbalovací pole Zdroj korony). V dolní části okna nastavte přesnost simulace pro jednotlivé rozměry sítě, minimální hodnoty jsou 1m (určuje to velikost obdélníků/čtverců, pro které se bude vypočítávat nasimulovaná hodnota hluku).

Po výběru zdroje je samotná simulace puštěna kliknutím na tlačítko Simulace – vygenerovat obrázek. Celá síť na obrázku v pravé části okna se vybarví barvou z barevné stupnice uprostřed obrazovky podle vypočítaného hluku. Zdroj korony je označený černým obdélníkem/čtvercem.



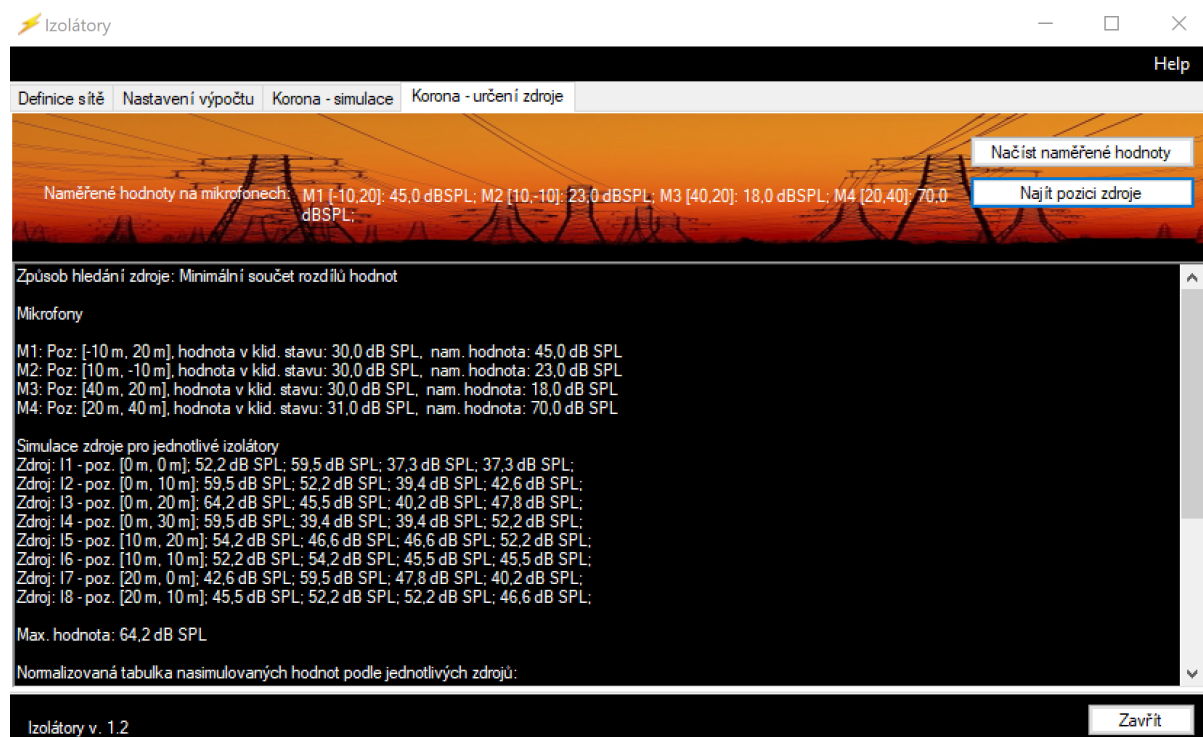
Obr. 5 - Simulace zdroje korony

Takto vygenerovaný obrázek lze uložit jako .png, slouží k tomu tlačítko Uložit obrázek simulace (viz Obr. 5).

Program nabízí možnost simulace všech případů zdroje korony. Po kliknutí na tlačítko Simulace všech případů se udělají výpočty pro všechny možnosti zdroje korony (prochází se všechny zadané izolátory). Pro každou možnost se vypočítají hodnoty hluku na jednotlivých mikrofonech a tato čísla se uloží do souboru .csv. Tento soubor je popsán v Příloha B – výstupní soubor simulace všech případů.

3.4. Záložka Korona – určení zdroje

Tato záložka slouží k určení nejpravděpodobnějšího zdroje korony, když máme k dispozici definici sítě izolátorů, pozice mikrofونů, hladiny hluku, naměřených na těchto mikrofonech v klidu a aktuálně naměřené hodnoty.



Obr. 6 - Screenshot - záložka Korona - určení zdroje

Okno je rozdělené do dvou částí. V horní části je prostor pro načtené informace o mikrofonech a tlačítka Načíst naměřené hodnoty a Najít pozici zdroje.

Po kliknutí na tlačítko vyberte soubor s předdefinovaným formátem (viz. Příloha C – vstupní soubor pro hledání zdroje korony). Po úspěšném načtení definice sítě, mikrofونů a naměřených hodnot se zobrazí naměřené hodnoty na mikrofonech v poli vlevo od tlačítek. Je tam seznam jednotlivých mikrofونů, jejich pozice a aktuální naměřená hodnota.

Samotné vyhodnocení a hledání zdroje nastane po kliknutí na tlačítko Najít pozici zdroje. Nejdřív vyberte soubor, do kterého se uloží protokol výpočtu. Všechny výpočty se pak vypisují v hlavní části okna – v loggeru.

Na určení zdroje se použije se metoda, vybraná v záložce nastavení výpočtu, viz. 3.2 Záložka Nastavení výpočtu. V loggeru se vypíše všechny mikrofony, klidová hodnota a pak aktuální naměřená hodnota. Následuje seznam s nasimulovanými hodnotami na mikrofonech pro jednotlivé zdroje korony (prochází se všemi izolátory).

Zdroj: I2 – poz. [0 m, 10 m]; 59,5 dB SPL; 52,2 dB SPL; 39,4 dB SPL; 42,6 dB SPL;

Předešlý řádek znamená, že pokud by byl zdrojem izolátor č. 2 (s pozicí x: 0m a pozicí y: 10 m), tak by na mikrofonech byly postupně naměřené následující hodnoty: M1: 59,5 db SPL, M2: 52,2 dB SPL, M3: 39,4 dB SPL a M4: 42,6 dB SPL.

Podle maximální naměřené hodnoty proběhne normalizace nasimulovaných hodnot. V následující části výpisu je tato tabulka normalizovaných hodnot podle maxima (ode všech hodnot se odečte toto maximum).

Zdroj: I2; -4,7 dB SPL; -11,9 dB SPL; -24,8 dB SPL; -21,5 dB SPL; rozdíl: 104,2 dB SPL;

V předešlém řádku je zaznamenáno, že pokud by byl zdrojem korony izolátor č. 2, tak na jednotlivých mikrofonech jsou následující normalizované hodnoty: M1: -4,7 dB SPL; M2: -11,9 dB SPL, M3: -24,8 dB SPL, -21,5 dB SPL. A součet rozdílů (nebo jejich druhých mocnin - podle vybrané metody zjišťování zdroje) je 104,2 dB SPL.

Nejpravděpodobnějším zdrojem korony je izolátor, u kterého je součet hodnot / druhých mocnin hodnot nejnižší. Znamená to, že naměřené hodnoty jsou nejbliž nasimulovaným hodnotám. Pokud jsou nejbliž hodnoty naměřené na mikrofonech v klidovém stavu, není korona detekována.

Výstup spolu s výpočtem se ukládá do vybraného souboru, který je popsán v Příloha D – výstupní soubor hledání zdroje korony.

4) Příloha A – vstupní soubor: pozice_izolatoru.csv

Soubor pozice_izolatoru.csv obsahuje pozice izolátorů a pozice mikrofonů. Formát souboru je následující:

```
# sirka; vyska; vzdálenost mezi body x; vzdálenost mezi  
body y  
4;4;10;10;  
# izolátory (pozice x; pozice y;)  
0;0;  
0;10;  
0;20;  
0;30;  
10;20;  
10;10;  
20;0;  
20;10;  
  
# mikrofony (pozice x; pozice y;)  
-10;20;  
10;-10;  
40;20;  
20;40;
```

První část obsahuje definice gridu – počet bodů na x-ové ose, počet bodů na y-ové ose, vzdálenost mezi sousedními body (osa-x) a vzdálenost mezi sousedními body (osa-y) v metrech.

Hned na dalším řádku (nepočítá se komentář, kde je jako první znak řádku znak #) následuje výčet pozic izolátorů ve tvaru: poz x; poz y;. Za posledním izolátorem následuje prázdný řádek.

Poslední blok obsahuje pozice mikrofonů. Stejně jako u izolátorů má řádek formát: poz x; poz y;. Poslední záznam je ukončen koncem souboru.

Na Obr. 1 je vykreslená síť izolátorů s pozicemi zadanými v tomto ukázkovém vstupním souboru.

5) Příloha B – výstupní soubor simulace všech případů

V souboru, který vznikne jako výstup simulace všech případů zdroje korony (viz. 3.3 Záložka Korona - simulace), jsou vypočítané hodnoty hluku pro jednotlivé mikrofony.

V prvním řádku je popis jednotlivých sloupečků:

- Zdroj – poz. X [m]: x-vá pozice zdroje korony [m]
- Zdroj – poz. Y [m]: y-vá pozice zdroje korony [m]
- Mi (pozice x, pozice y) [dB SPL]: pro všechny mikrofony nasimulovaná data hluku v dB SPL.

Každý řádek představuje hodnoty pro jiný zdroj korony (jejich pozice jsou zadány v prvních dvou sloupcích).

```
Zdroj - poz. X [m];Zdroj - poz. Y [m];M1 (-10 m, 20 m) [dB SPL];M2 (10 m, -10 m) [dB SPL];M3 (40 m, 20 m) [dB SPL];M4 (20 m, 40 m) [dB SPL];  
0;0;52,2;59,5;37,3;37,3;  
0;10;59,5;52,2;39,4;42,6;  
0;20;64,2;45,5;40,2;47,8;  
0;30;59,5;39,4;39,4;52,2;  
10;20;54,2;46,6;46,6;52,2;  
10;10;52,2;54,2;45,5;45,5;  
20;0;42,6;59,5;47,8;40,2;  
20;10;45,5;52,2;52,2;46,6;
```

6) Příloha C – vstupní soubor pro hledání zdroje korony

Pro určení zdroje korony je potřeba načíst soubor s definicí pole izolátorů a mikrofonů a naměřených hodnot. Soubor vypadá následovně:

```
# sirka; vyska; vzdálenost mezi body x; vzdálenost mezi body y
4;4;10;10;
# izolátory (pozice x; pozice y;)
0;0;
0;10;
0;20;
0;30;
10;20;
10;10;
20;0;
20;10;

# mikrofony (pozice x; pozice y; klidovy stav; akt. namerena hodnota;)
-10;20;30;45;
10;-10;30;23;
40;20;30;18;
20;40;31;70;
```

Struktura souboru je stejná jako v Příloha A – vstupní soubor: pozice_izolatoru.csv, liší se pouze v poslední části – mikrofony, kde je po sloupcích s pozicemi x a y taky průměrná naměřená hodnota na mikrofonu v klidovém stavu (bez korony) a aktuální naměřená hodnota pro zjišťování zdroje korony. Všechny hodnoty hluku jsou v dB SPL.

7) Příloha D – výstupní soubor hledání zdroje korony

Výstupní soubor pro hledání zdroje korony (viz. 3.4 Záložka Korona – určení zdrojeZáložka Korona – určení) vypadá následovně:

Mikrofony					
Mikrofon	Pozice [m,m]	Hodnota v klid. stavu [dB SPL]		Nam. hodnota [dB SPL]	
M1	[-10, 20]	30,0		45,0	
M2	[10, -10]	30,0		23,0	
M3	[40, 20]	30,0		18,0	
M4	[20, 40]	31,0		70,0	

Simulace zdroje pro jednotlivé izolátory					
Zdroj	Pozice [m,m]	Simulace hodnot			
		M1 [dB SPL]	M2 [dB SPL]	M3 [dB SPL]	M4 [dB SPL]
I1	[0,0]	52,2	59,5	37,3	37,3
I2	[0,10]	59,5	52,2	39,4	42,6
I3	[0,20]	64,2	45,5	40,2	47,8
I4	[0,30]	59,5	39,4	39,4	52,2
I5	[10,20]	54,2	46,6	46,6	52,2
I6	[10,10]	52,2	54,2	45,5	45,5
I7	[20,0]	42,6	59,5	47,8	40,2
I8	[20,10]	45,5	52,2	52,2	46,6

Max. hodnota: 64,2 dB SPL

Normalizovaná tabulka nasimulovaných hodnot podle jednotlivých zdrojů:

	M1 [dB SPL]	M2 [dB SPL]	M3 [dB SPL]	M4 [dB SPL]	Součet rozdílů [dB SPL]
Naměřené hodnoty v klidovém stavu	-25,0	-47,0	-52,0	0,0	
Zdroj: I0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	121,0
Zdroj: I1	-11,9	-4,7	-26,9	-26,9	107,4
Zdroj: I2	-4,7	-11,9	-24,8	-21,5	104,2
Zdroj: I3	0,0	-18,6	-24,0	-16,3	97,7
Zdroj: I4	-4,7	-24,8	-24,8	-11,9	81,7
Zdroj: I5	-10,0	-17,5	-17,5	-11,9	90,9
Zdroj: I6	-11,9	-10,0	-18,6	-18,6	102,1
Zdroj: I7	-21,5	-4,7	-16,3	-24,0	105,5
Zdroj: I8	-18,6	-11,9	-11,9	-17,5	99,1

Zdroj korony je izolátor č. 4 (poz. [0, 30], součet rozdílů nasim. hodnot po normalizaci: 81,7 dB SPL)

V tomto souboru je popsán výpočet zdroje korony. Jednotlivé části výstupu jsou popsány v kap. Záložka Korona – určení zdroje. Pokud program detekuje zdroj korony, tak je na konci HTML souboru vygenerován obrázek se simulací této situace. Pokud je nejpravděpodobnější možnost, že není žádný zdroj korony, tak obrázek není přiložen do souboru. Soubor je možné otevřít prohlížečem. U přesunu souboru je nutné přesunout i zdroj obrázku – soubor `source.png`.