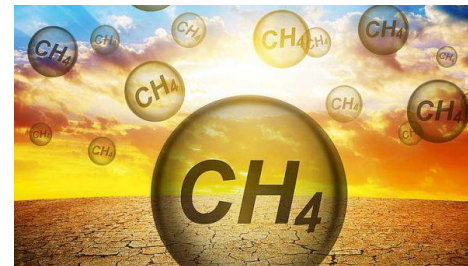


Ograniczenia emisji metanu do atmosfery z powietrza wentylacyjnego

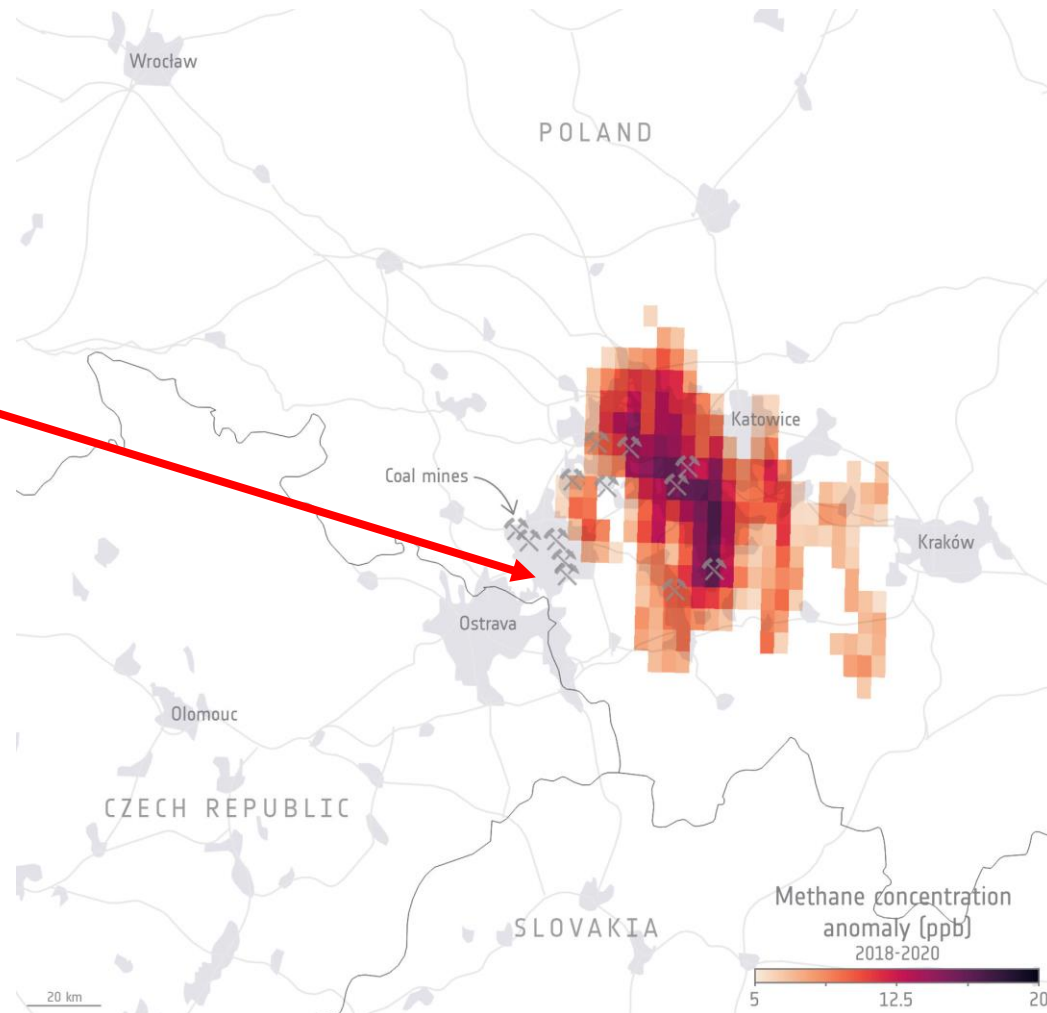
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Marek Borowski – AGH Kraków



Kraków, 12 kwiecień 2022

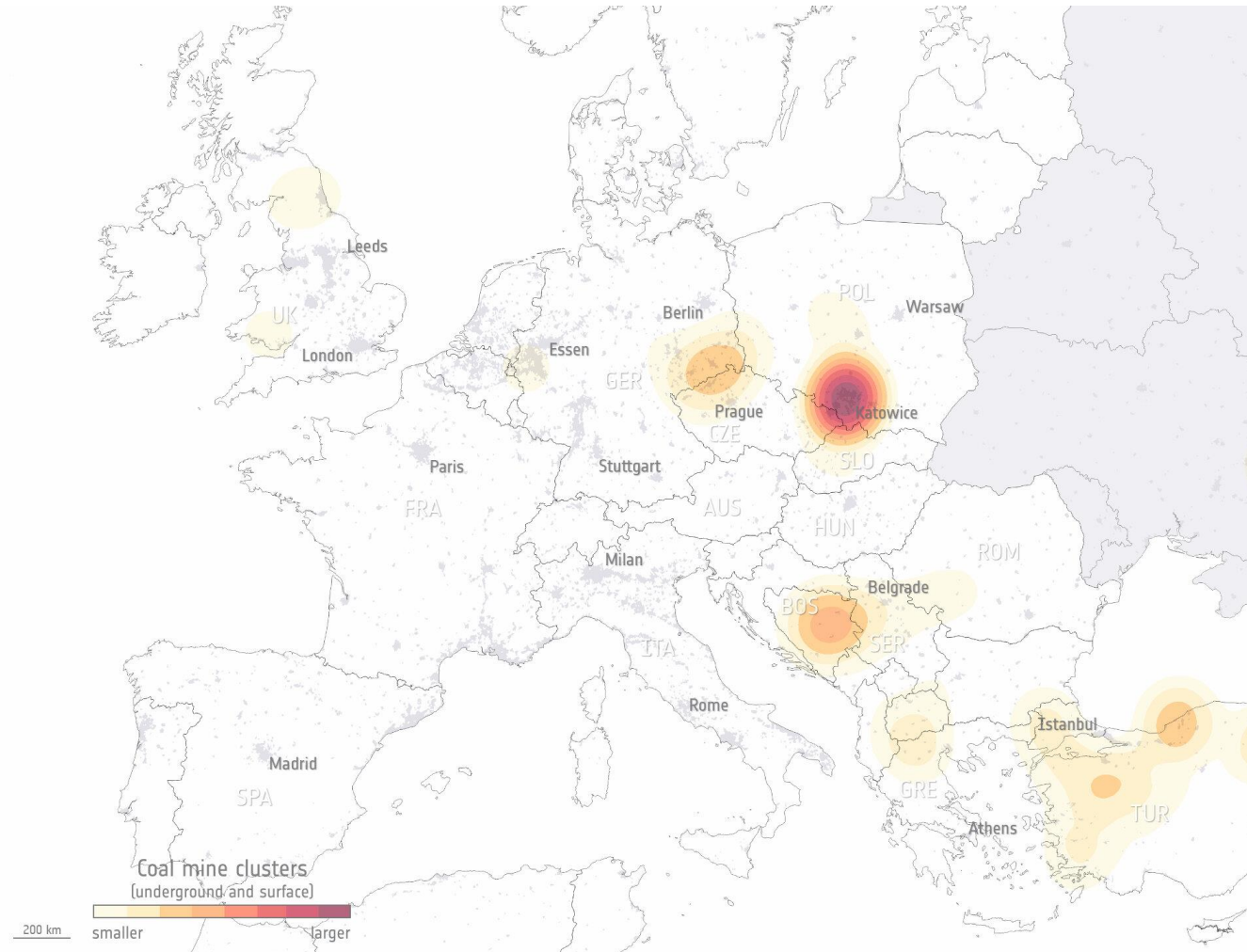
Problem: metan w powietrzu nad obszarami kopalniami



Źródło: ESA
(contains
modified
Copernicus
Sentinel data
(2018-20),
processed
by University
of Leicester

Stężenia metanu nad południową Polską

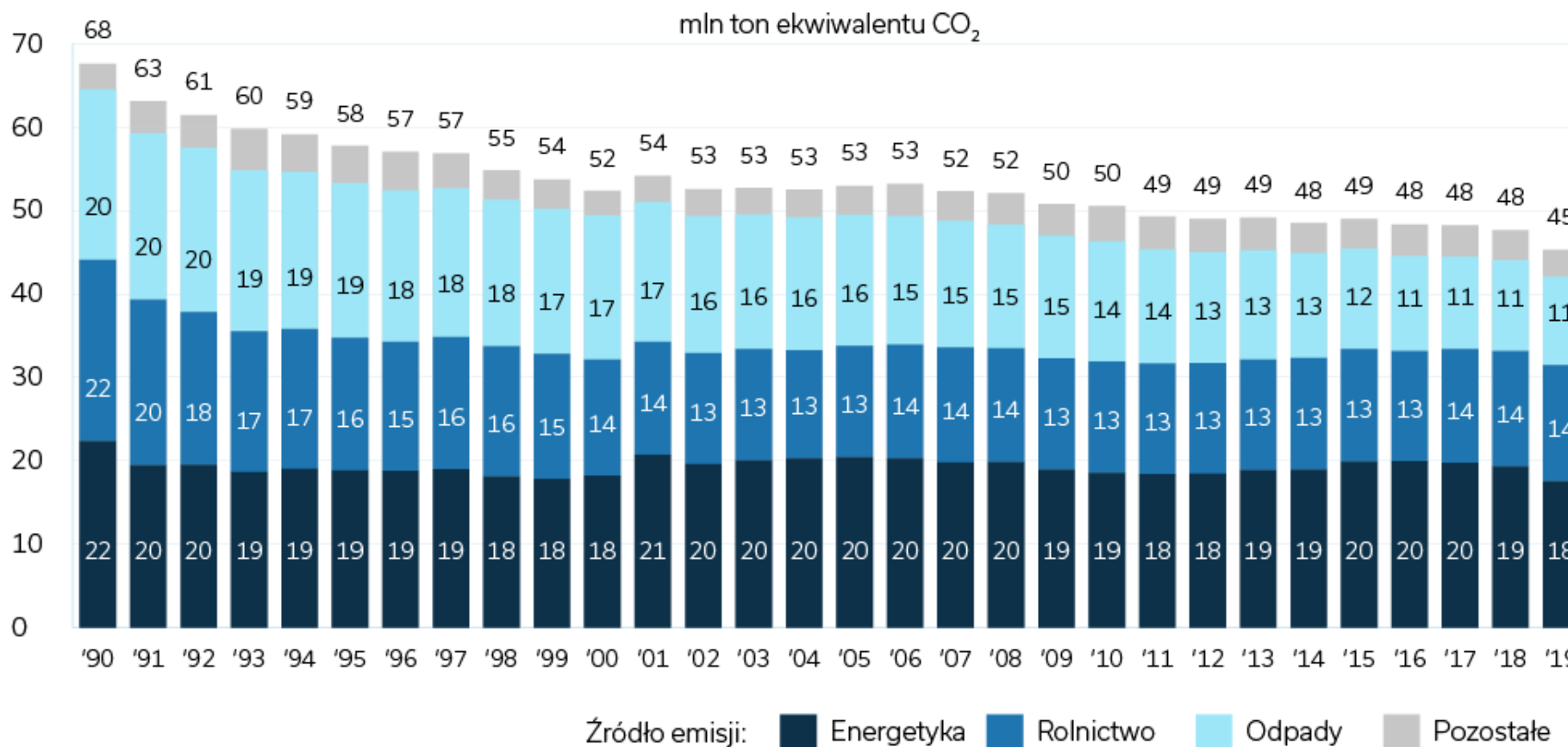
Stężenia metanu nad Europą



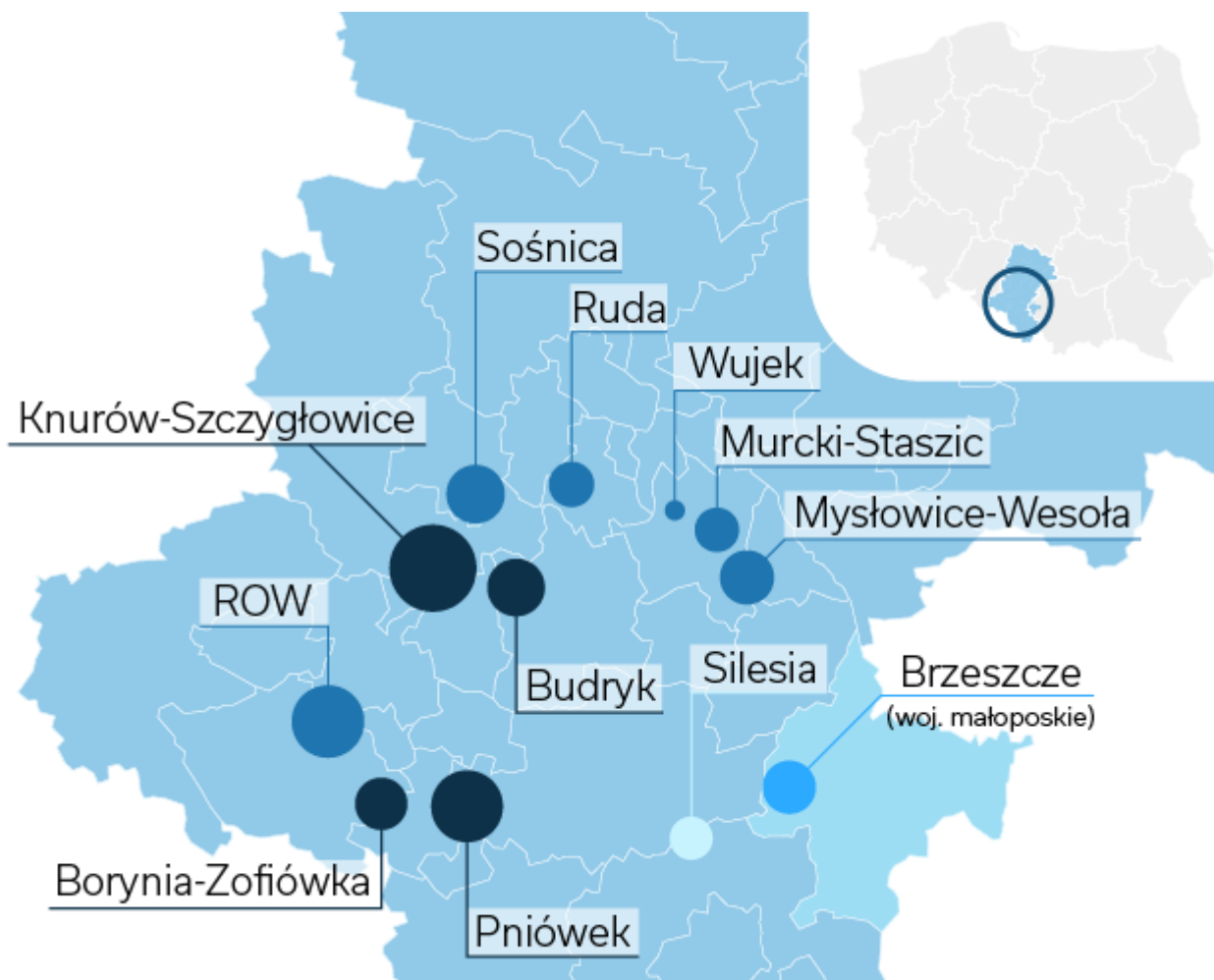
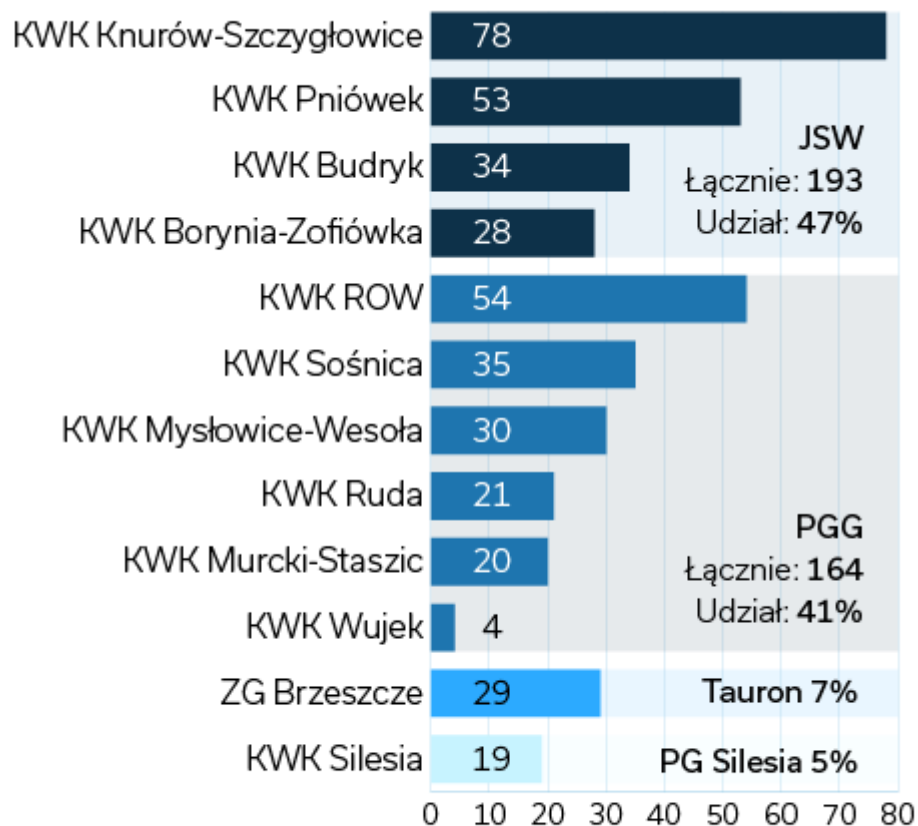
Źródło: ESA
(contains
modified
Copernicus
Sentinel data
(2018-20),
processed
by University
of Leicester

EMISJE METANU W POLSCE Z PODZIAŁEM NA SEKTORY W LATACH 1990-2019 (MLN TON)

Źródło: EEA | styczeń 2022



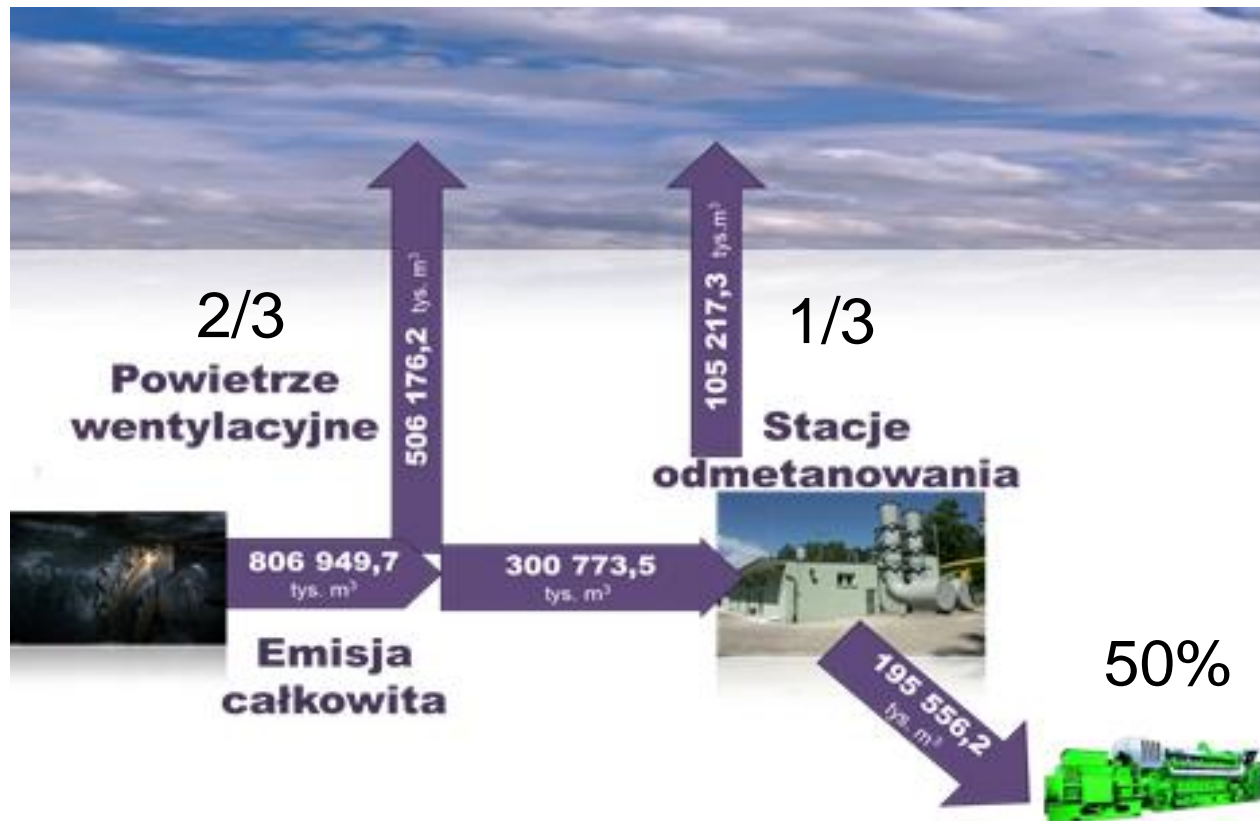
EMISJE METANU Z KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO W 2020 R. (TYS. TON)



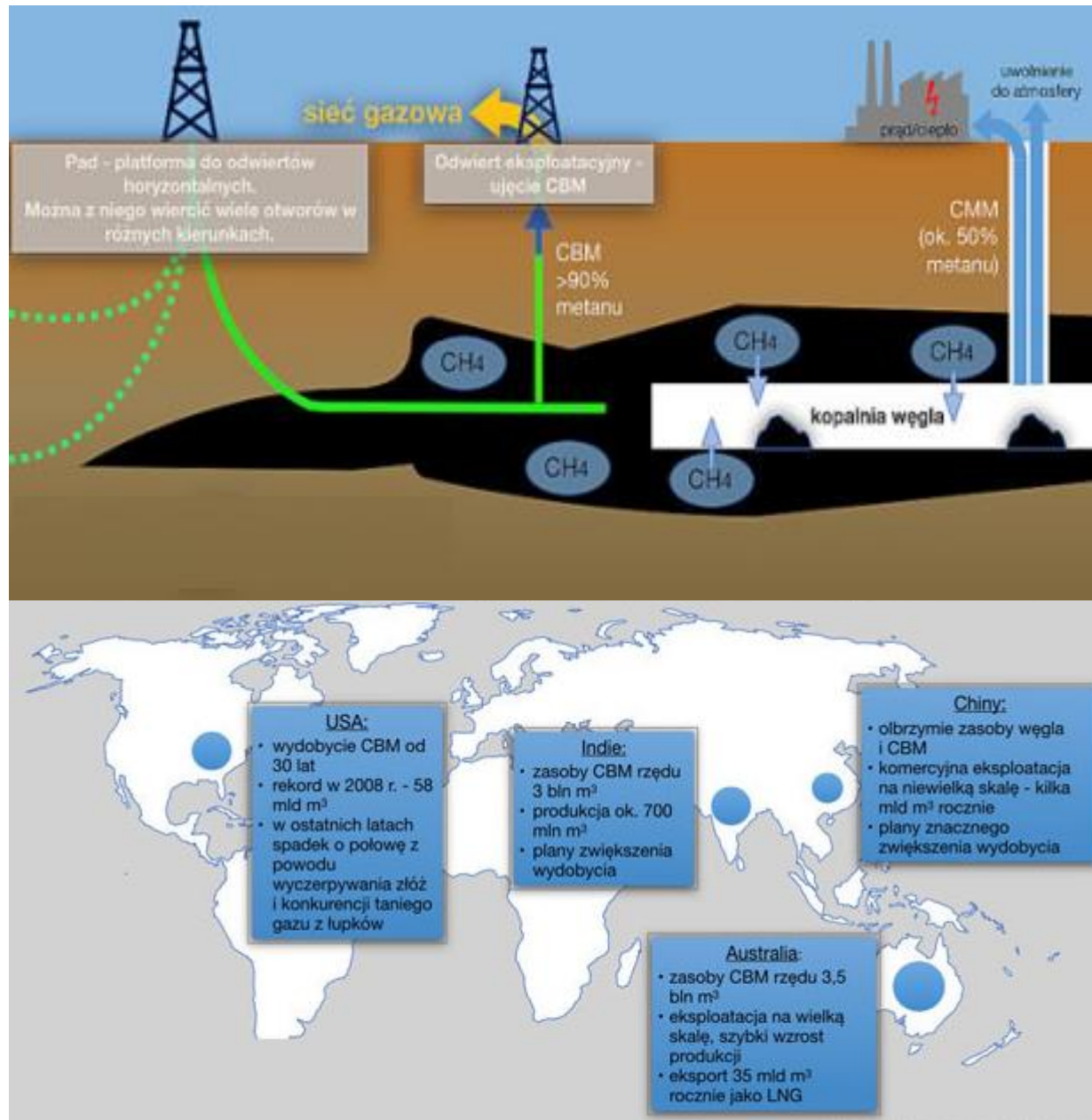
Emisja metanu z pokładów węгля kamiennego

- » Charakter wydzielania się metanu do wyrobisk kopalnianych jest skomplikowany, zależy bowiem od wielu czynników **geologicznych i górniczych**.
- » Występujący **gradient ciśnienia**, powoduje że rozpoczyna się ruch masy gazu skierowany do wyrobiska, gdzie ciśnienie jest mniejsze od ciśnienia gazu zawartego w górotworze.
- » **Rozkład zmian ciśnienia** w głąb górotworu jest procesem nieustalonym i przestrzennym. ⁶

Struktura emisji metanu z podziemnych wyrobisk



CBM i CMM na świecie



Źródło:
biznes.interia.pl/raporty/raport-polski-gaz

Źródła podziemne emisji metanu

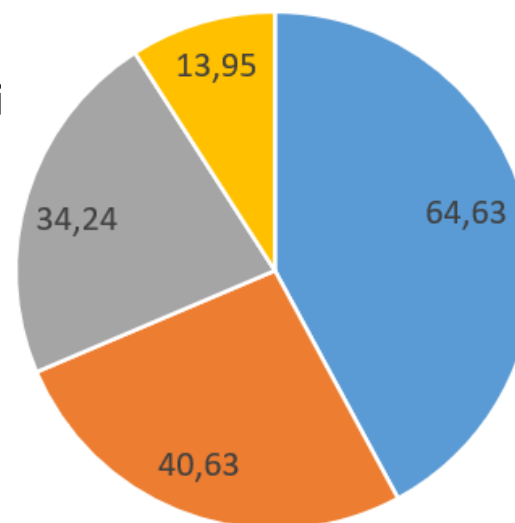
Ilość wydzielanego metanu do wyrobisk górniczych w szczególności do wyrobiska eksploatacyjnego zależy od:

- » metanu wydzielającego się z pokładu eksploatowanego zarówno z urobionego i transportowanego węgla i odsłoniętej calizny węglowej czoła ściany lub przodka,
- » metanu wydzielającego się z pokładów sąsiednich zalegających w stropie i spągu, a będących w zasięgu wpływów eksploatacyjnych.

Zasięg i wielkość odprężenia skał zależą zarówno od sposobu kierowania stropem (podsadzka, zawał), jak i charakteru skał (skały sztywne, plastyczne).

Struktura emisji metanu z górotworu

Bilans metanowości



- Metanowość bezwzględna ścian
- Metanowość bezwzględna przodków
- Ujęcie za TI odmetanowaniem
- Emisja metanu za TI

Metanowość bezwzględna kopalni

Metanowość bezwzględna kopalni, m³ CH₄/min	153,45	100%
Metanowość bezwzględna rejonów wydobywczych, m ³ CH ₄ /min	64,63	42%
Metanowość bezwzględna drążonych przodków, m ³ CH ₄ /min	40,63	26%
Ujęcie za TI odmetanowaniem, m ³ CH ₄ /min	34,24	22%
Emisja metanu do pozostałych wyrobisk, m ³ CH ₄ /min	13,95	9%

Emisja i przyływ metanu w górotworze oraz wyrobiskach górniczych

w danym punkcie (miejscu) górotworu/wyrobisku górniczym oddziałują na siebie w różnym stopniu trzy źródła depresji (podciśnienia):

- » ciśnienie złożowe,
- » depresja wytworzona przez wentylatory główne i depresja naturalna,
- » depresja wytworzona przez stację odmetanowania.

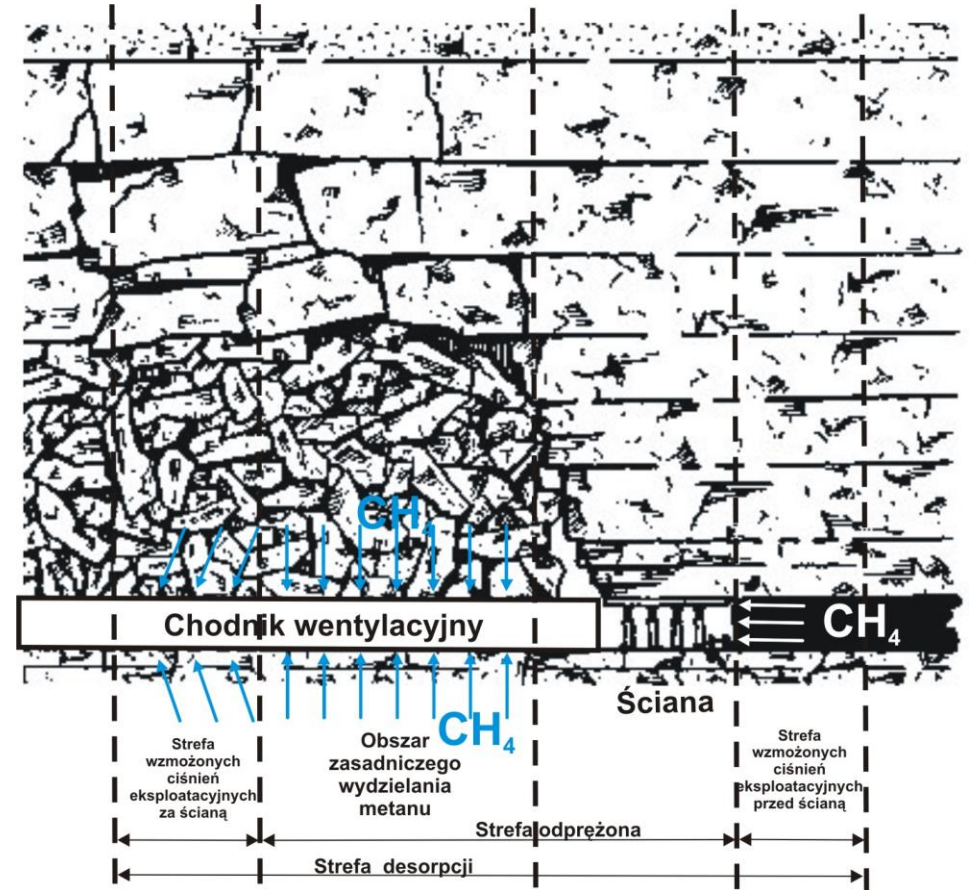
Stopień wzajemnego oddziaływania w/w źródeł depresji uzależniony jest od:

- » wielkości depresji wytworzonych przez poszczególne źródła,
- » oporów wyrobisk, szczelin, porów łączących dany punkt w₁₁ górotworze ze źródłem depresji,
- » wzajemnego usytuowania względem siebie depresji.

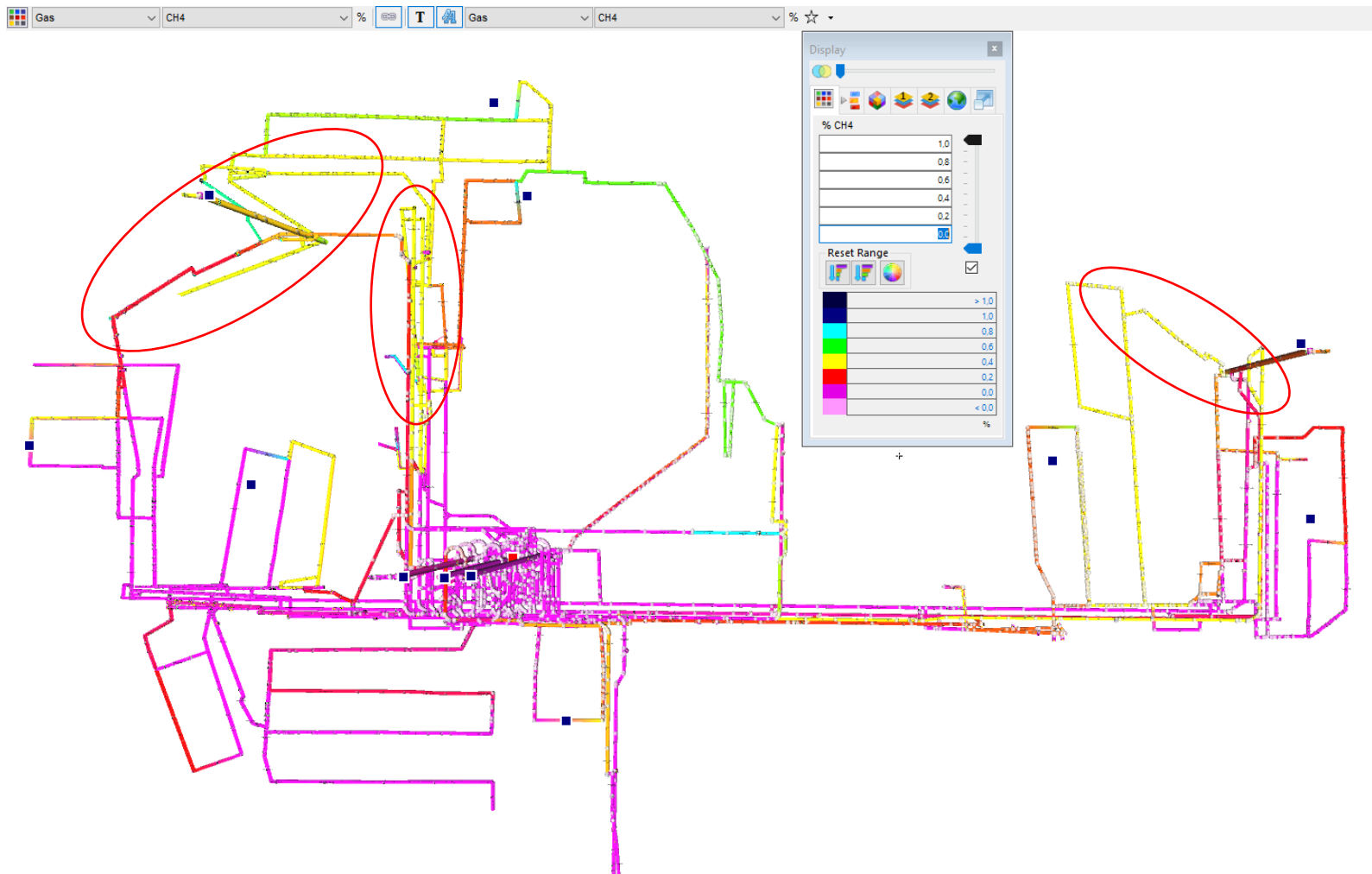
Emisja metanu do wyrobisk podziemnych

Można wyróżnić dwie zasadnicze formy wydzielania się metanu do wyrobisk:

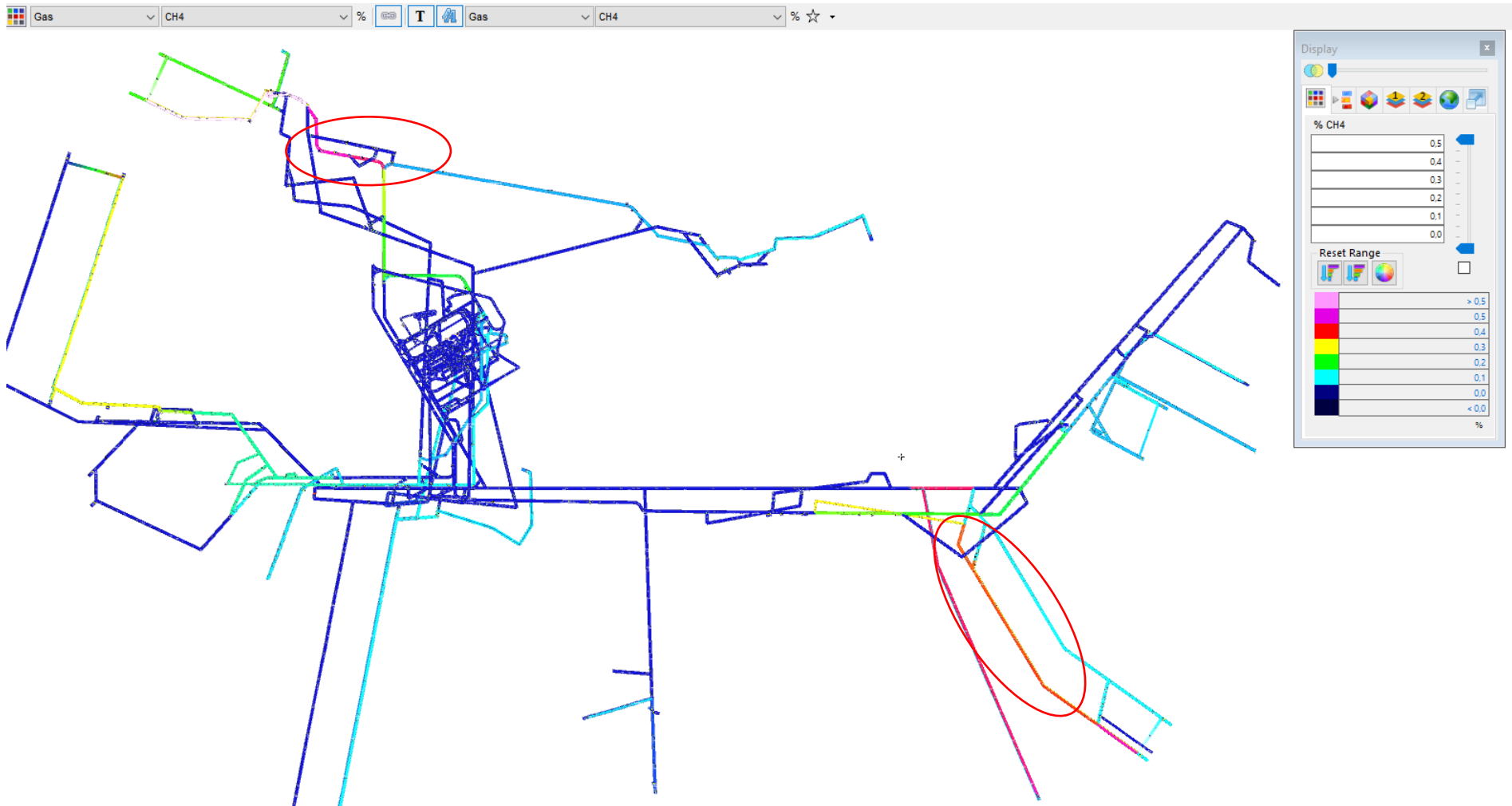
- » następuje desorpcja oraz **wyływ filtracyjny** metanu pod wpływem **gradientu ciśnienia** wywołanego eksploatacją górniczą.
- » metan **swobodnie wypływa** ze szczelin i spękań w pokładzie powstałych w warstwie przyściosowej na skutek eksploatacji górniczej.



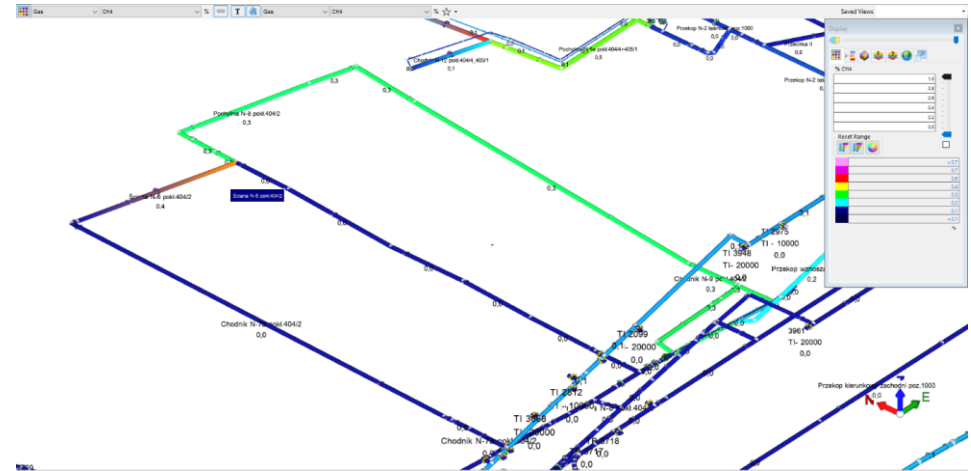
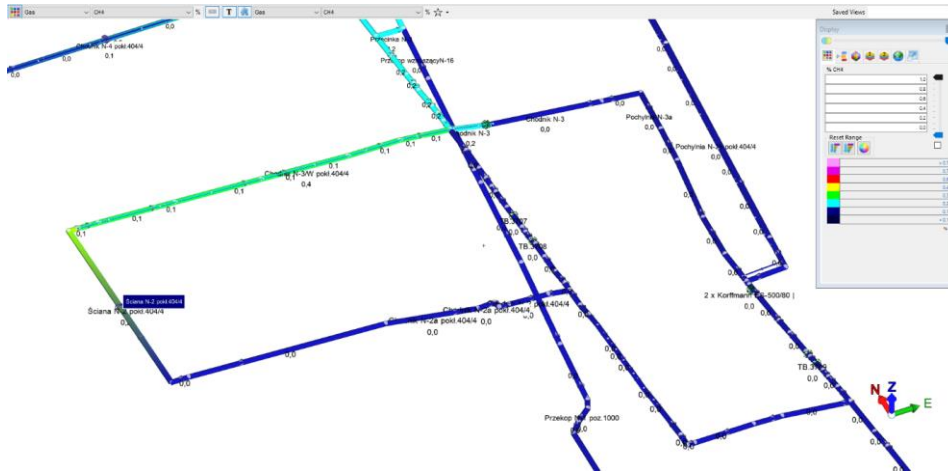
Emisja metanu do wyrobisk górniczych przykład 1



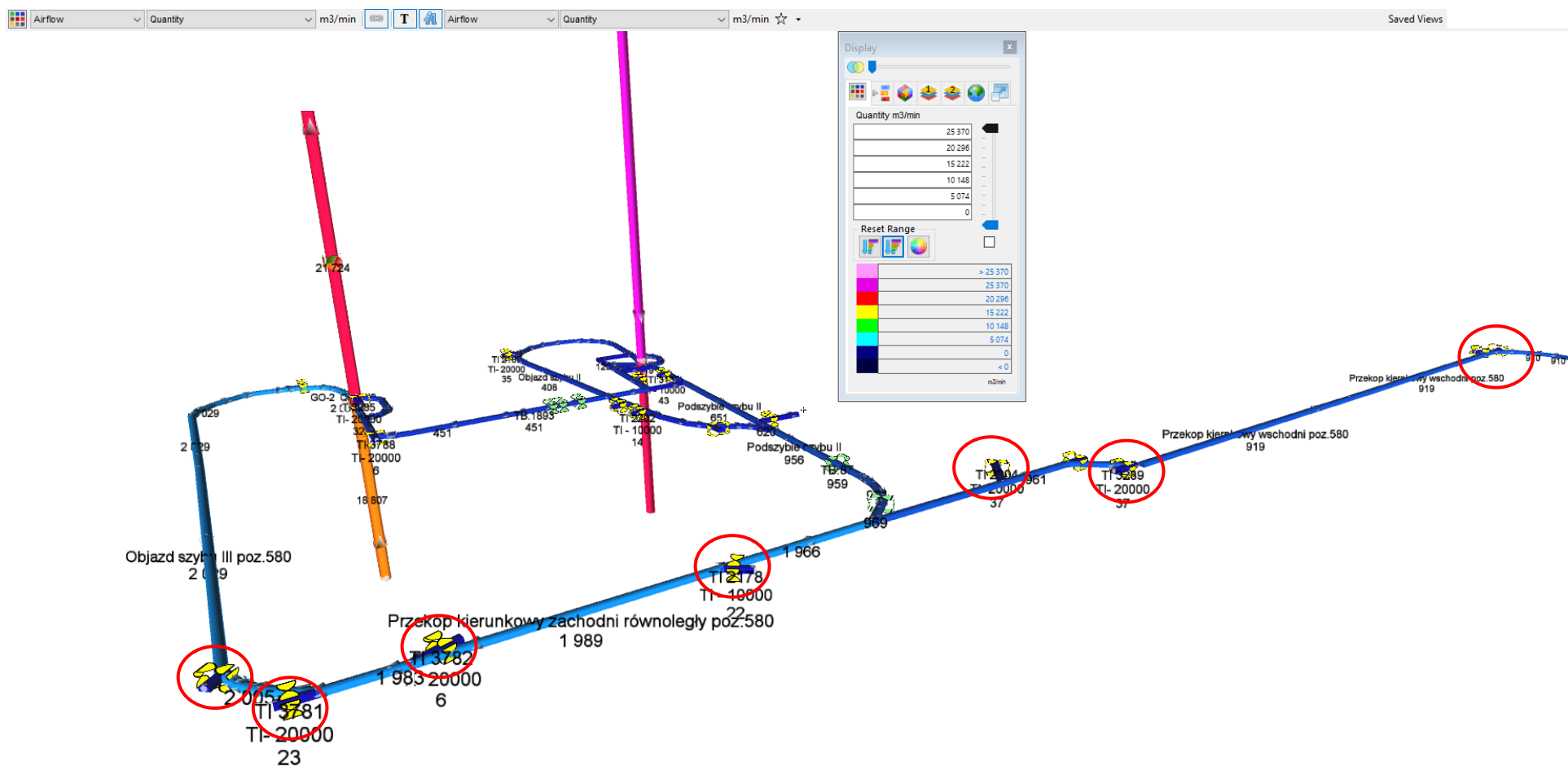
Emisja metanu do wyrobisk górniczych przykład 2



Emisja metanu do wyrobisk górnictw



Emisja metanu do wyrobisk górnictwicznych poprzez tamy izolacyjne

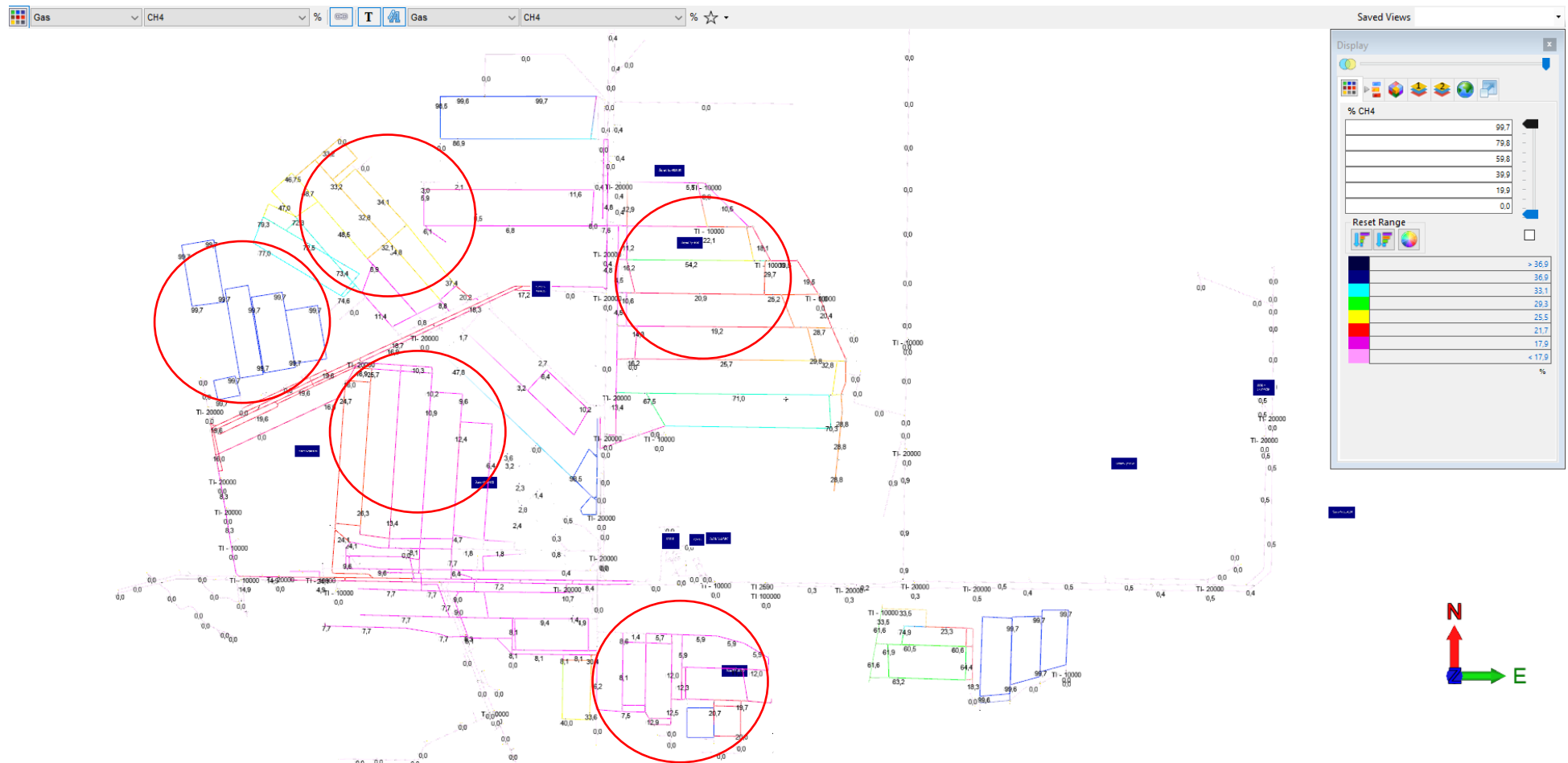


Emisja metanu do wyeksploatowanych przestrzeni zrobów

Pod wpływem prowadzonej eksploatacji pokładów węgla następuje **uwolnienie** metanu, który będzie się **wydzielał do wyrobisk** oraz **gromadził w wybranej przestrzeni zrobów**.

Zagrożenie metanowe przy eksploatacji pokładów węgla jest związane z rozkładem stężenia metanu w strefie zawału, które uzależnione jest od **rodzaju skał stropowych** (ich wytrzymałości na ściskanie) i **systemu przewietrzania** ściany.

Emisja metanu do wybranych przestrzeni zrobów





Czynniki wpływające na emisję metanu do wyrobisk górniczych

- Sposób wentylacji robót górniczych i drenażu metanu z górotworu,
- Sposób eksploatacji / technika urabiania,
- Gwałtowne spadki ciśnienia atmosferycznego,
- Działanie układu pomocniczych urządzeń do aktywnego zwalczania zagrożenia metanowego,
- Manewrowanie tamami oddzielającymi prądy powietrza,
- Słaba wytrzymałość skał stropowych / obwały,
- Występowanie wstrząsów górotworów,
- Działanie tzw. „efektu tłoka” klatki szybowej.

Nierównomierność emisji metanu do wyrobisk górniczych oraz z/do wybranych przestrzeni

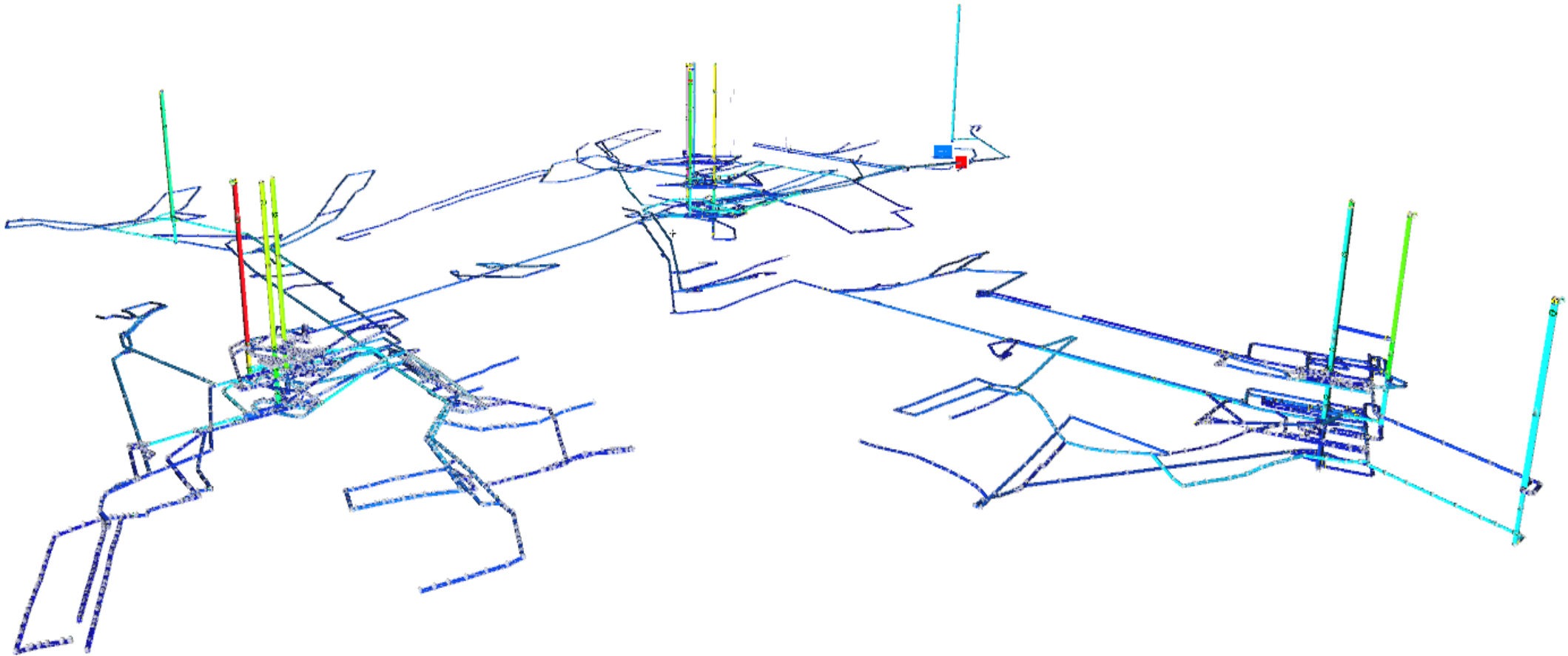
- » z **niejednorodności rozkładu metanonośności** wzdłuż i w polu ściany oraz pokładów nadległych i podległych,
- » wskutek **nieciągłości procesów odprężania i zawału stropu** w zrobach związane z zaburzeniami w miąższości i zaleganiu pokładu oraz własnościami mechanicznymi węgla, z własnościami filtracyjnymi, mechanicznymi poszczególnych warstw skalnych nad i pod eksploatowanym pokładem, z nieciągłą pracą kombajnu spowodowaną przerwami technologicznymi oraz występującymi awariami w procesie eksploatacji, z nierównomiernością postępu ściany związaną z przesuwaniem obudowy ścianowej.
- » z powodu **zmian strumienia powietrza**,
- » z uwagi na **zmiany ciśnienia barometrycznego**,

Wpływ wentylacji

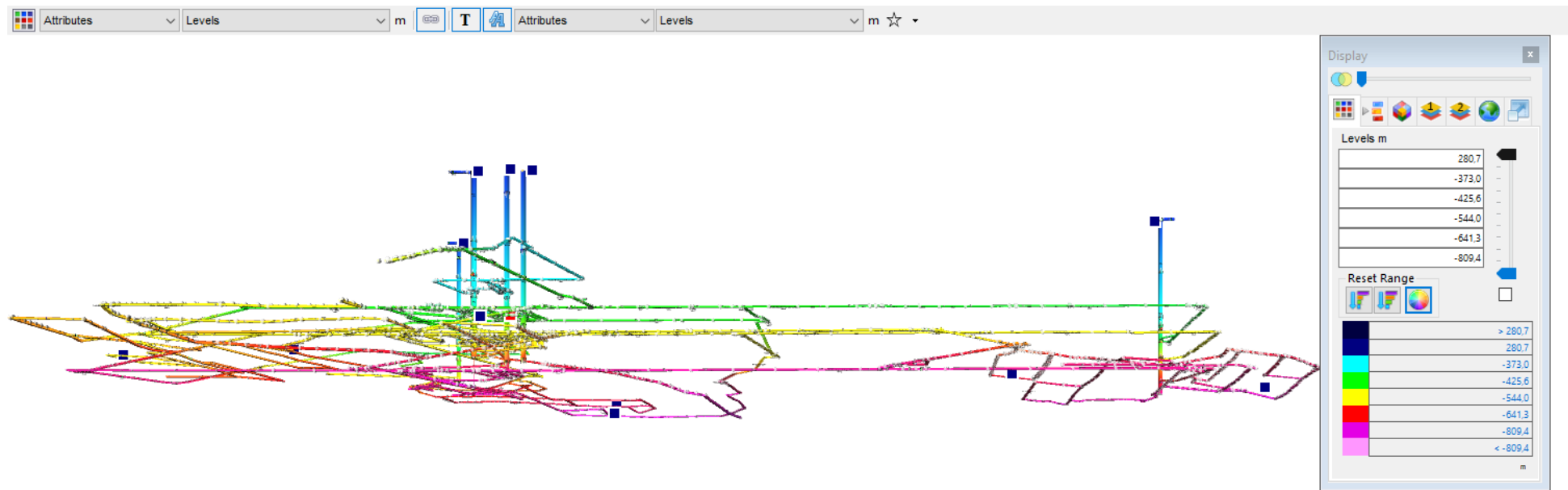
- » wprost z calizny węglowej (np. ściany lub przodka), z bezpośrednią, **niezależną od warunków przewietrzania** emisją metanu do strefy mieszania w wyrobisku górniczym,
- » ze strefy zawału, lub z tzw. starych zrobów, z pośrednią, poprzez strefę filtracji i **zależną od warunków przewietrzania** emisją metanu do strefy mieszania, znajdującej się w wyrobisku górniczym.
- » z urobionego węgla, wypływ metanu z odstawionego urobku.

Dla wymienionych źródeł metanu znane są w literaturze modele matematyczne, które pozwalają wyznaczyć strumień dopływu metanu do powietrza przepływającego wyrobiskiem górniczym.

Kopalniane sieci wentylacyjne wyrobisk górnictwych przedstawia się na modelach 3D w skali 1:1



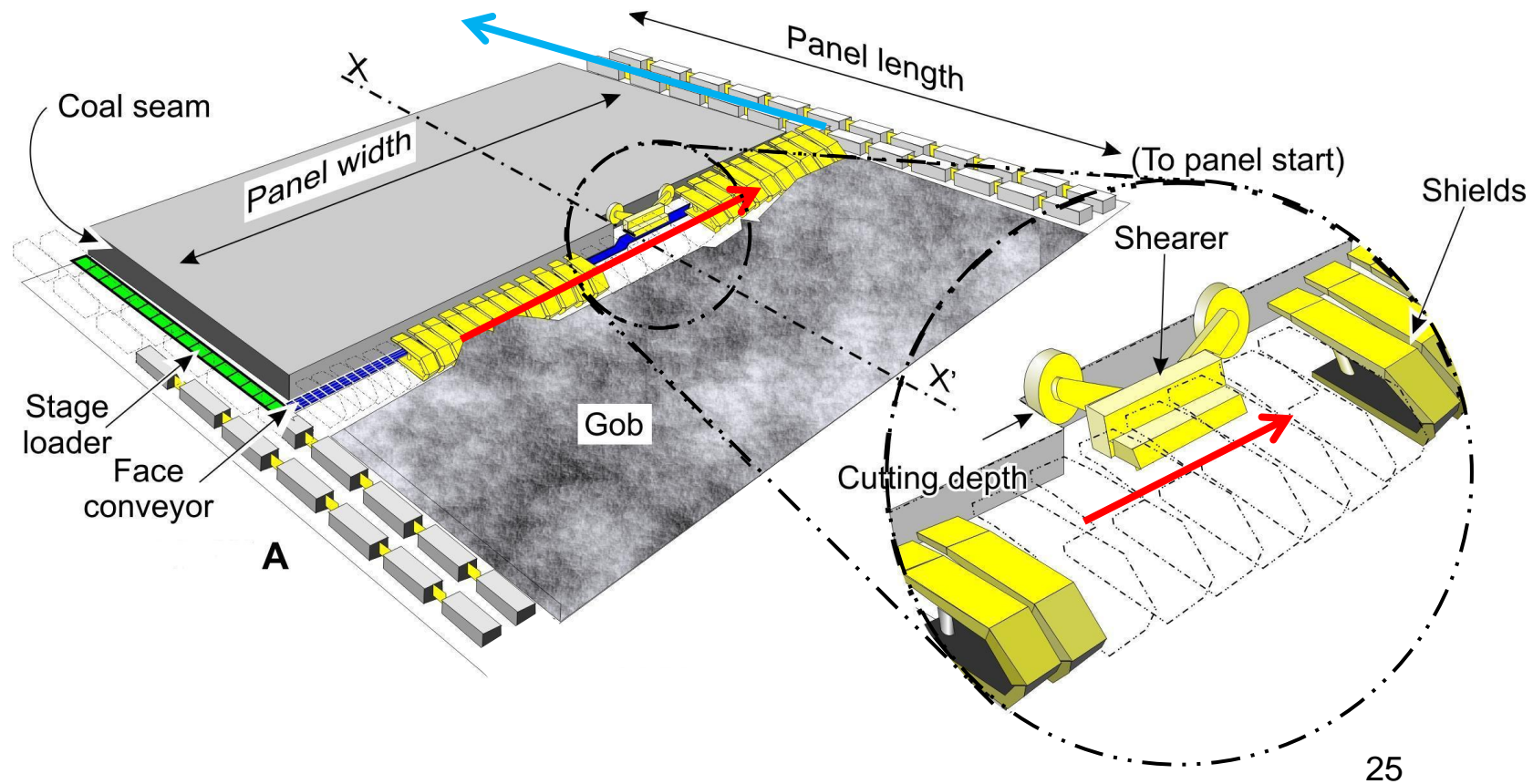
Struktura wyrobisk górnictwa ze współrzędnymi Z (głębokość)



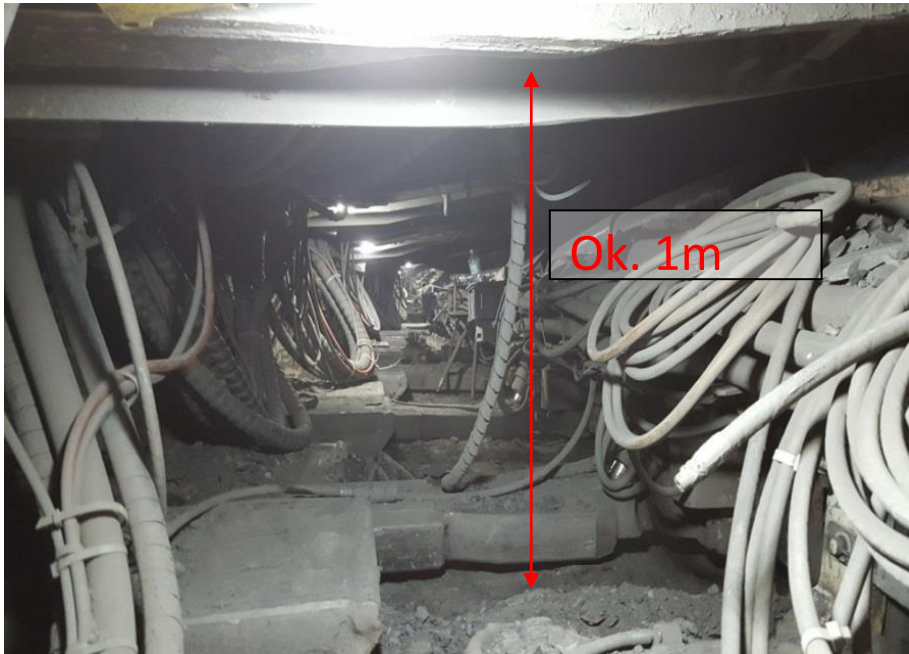
Wpływ ilości powietrza i sposobu przewietrzania wyrobisk robót górniczych

- » Zasięg wpływu wentylacji w głąb strefy odprężonej zawału zależy od **przepuszczalności zrobów**.
- » Wielkość tego współczynnika przepuszczalności zrobów zależy od **rodzaju skał stropowych** tworzących zawał. Zawały tworzone przez stropy o różnym oporze rozwarstwienia stwarzają różne warunki dla przepływającego przez nie powietrza.
- » W miarę wzrostu oporu rozwarstwienia wzrasta współczynnik przepuszczalności zrobów i wzrasta również strumień objętości powietrza przepływający przez strefę zawału. Z obserwacji wynika, że migracja obejmuje strefę zawału bezpośredniego.

Sposób eksploatacji / technika urabiania – tzw. ściana kombajnowa



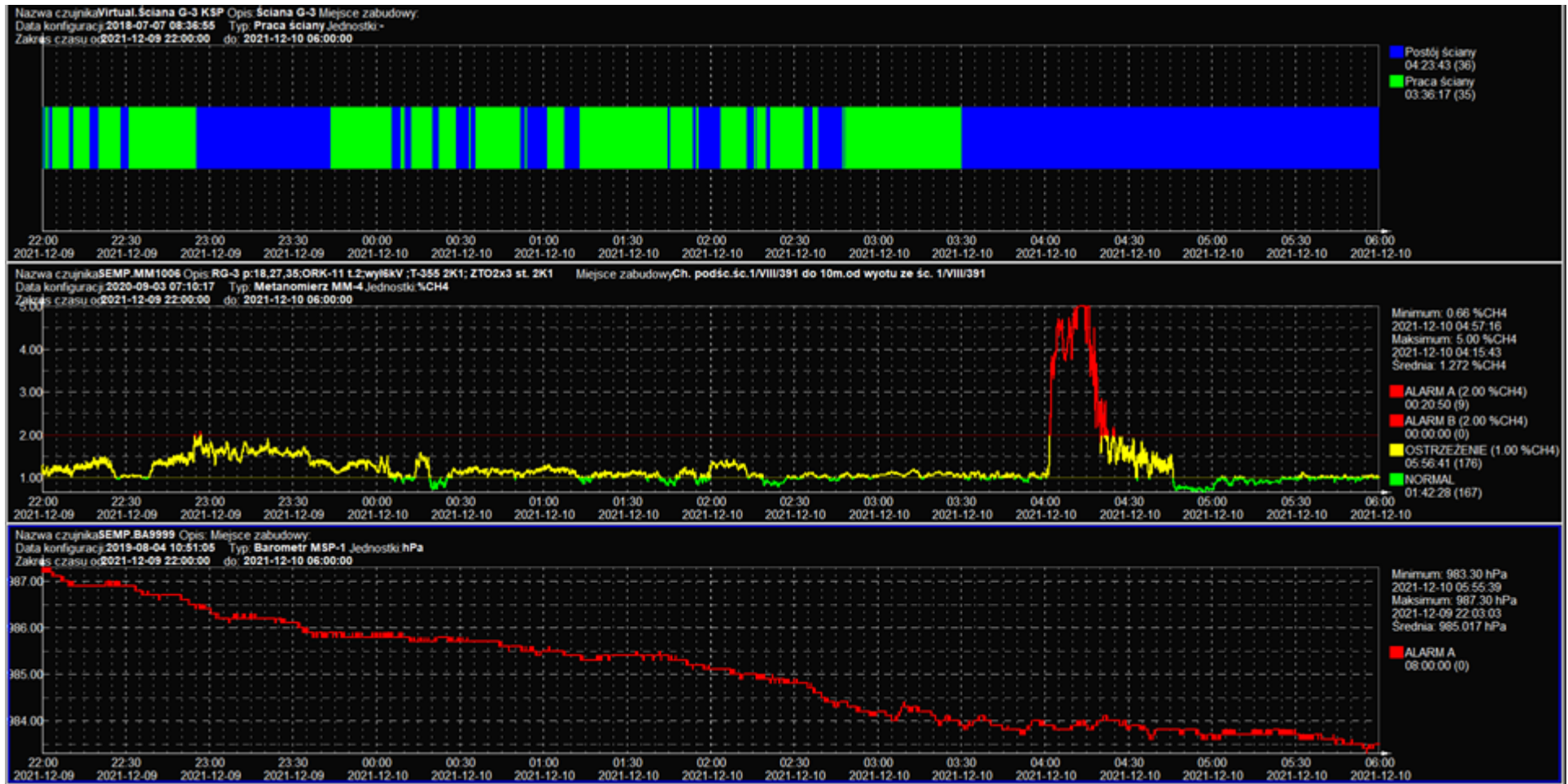
Sposób eksploatacji / technika urabiania – tzw. ściana strugowa



Wpływ ciśnienia barometrycznego

- » ilość metanu filtrującego z calizny do odkrytych ociosów jest proporcjonalna do różnicy z kwadratów ciśnień.
- » W górotworze nienaruszonym eksploatacją niewielka zmiana ciśnienia powietrza w wyrobisku spowodowana regulacją parametrów wentylacyjnych lub zmianą ciśnienia barometrycznego nie wpływa w sposób widoczny na ilość metanu dopływającego do wyrobiska.
- » W górotworze naruszonym niewielka zmiana ciśnienia atmosferycznego spowodowana zmianą parametrów wentylacyjnych (np. regulacja tam) w sposób wyraźny zmienić może zarówno kierunek przepływu metanu w górotworze, jak i jego ilość. Jest to szczególnie istotne w przypadku występowania bezpośredniego sąsiedztwa dużych zrobów lub istnienia kontaktów z dalej położonymi zrobami.

Wpływ ciśnienia barometrycznego

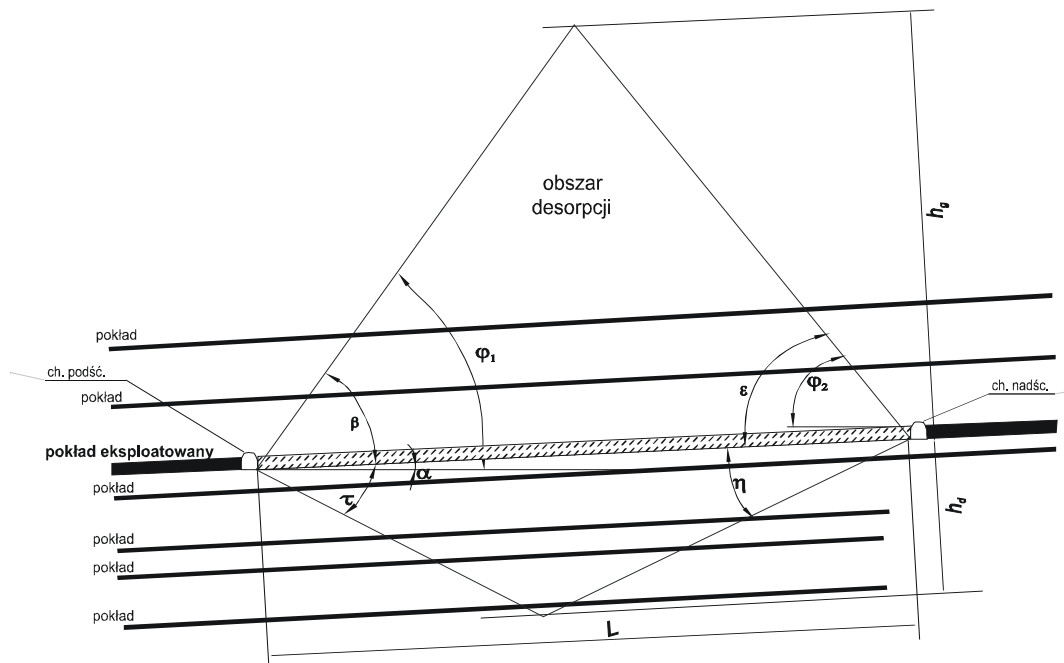


Manewrowanie tamami oddzielającymi prądy powietrza



Wpływ eksploatacji górniczej

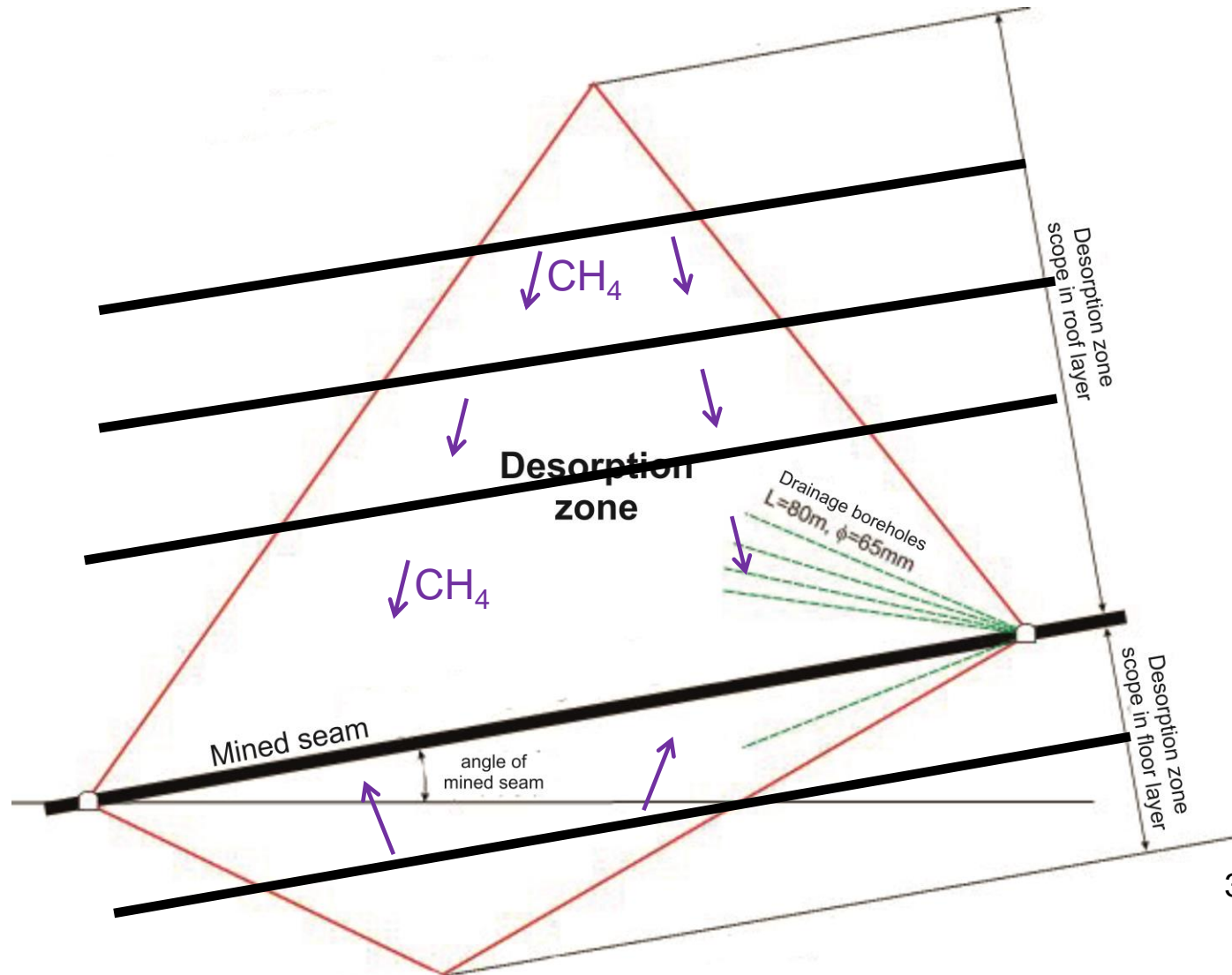
- » **stopień** odgazowania złoża będzie zależny od długości czasu trwania odprężenia (postępu, wielkości wydobywania) a **ilość** dopływającego gazu do wyrobiska zależność będzie od oporów przepływu (od rodzaju skał stropowych).



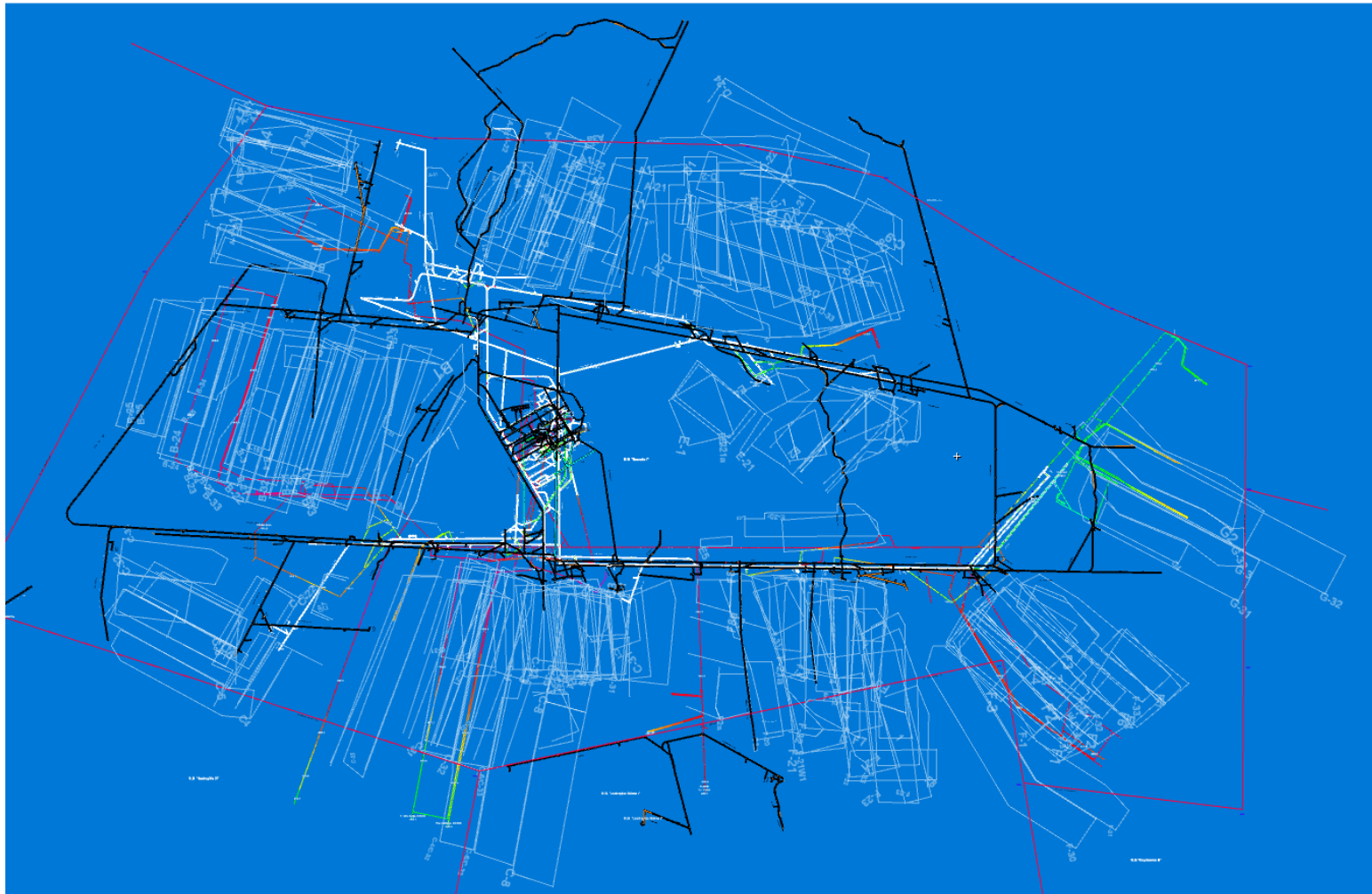
$\beta, \tau, \epsilon, \eta, \varphi$ - kąty zasięgu desorpcji.
 α - kąt nachylenia pokładu,
 h_s, h_d - zasięg strefy desorpcji w warstwach stropowych i sp'gowych.
 L - długość ściany,

Strefa desorpcji metanu podczas eksploatacji ściany

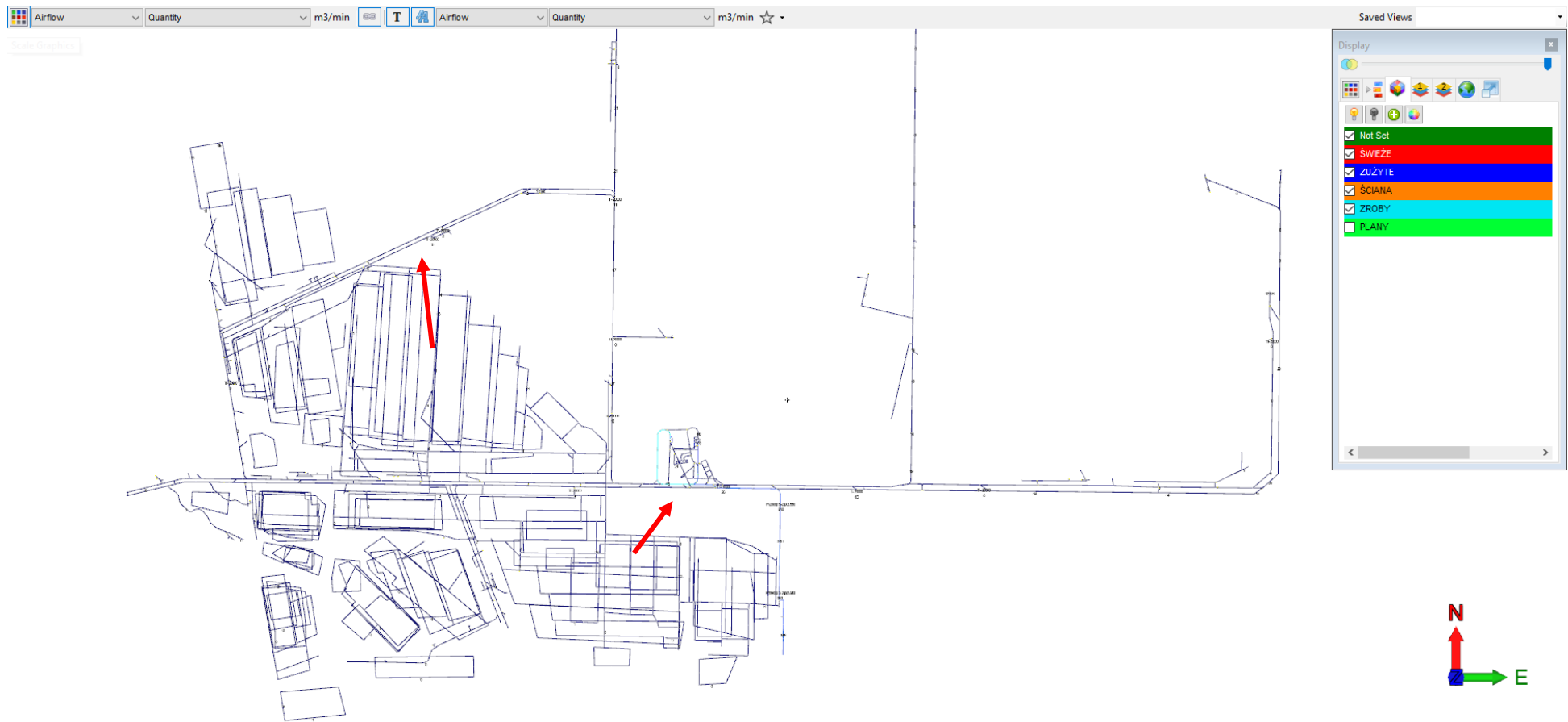
Wpływ eksploatacji górniczej



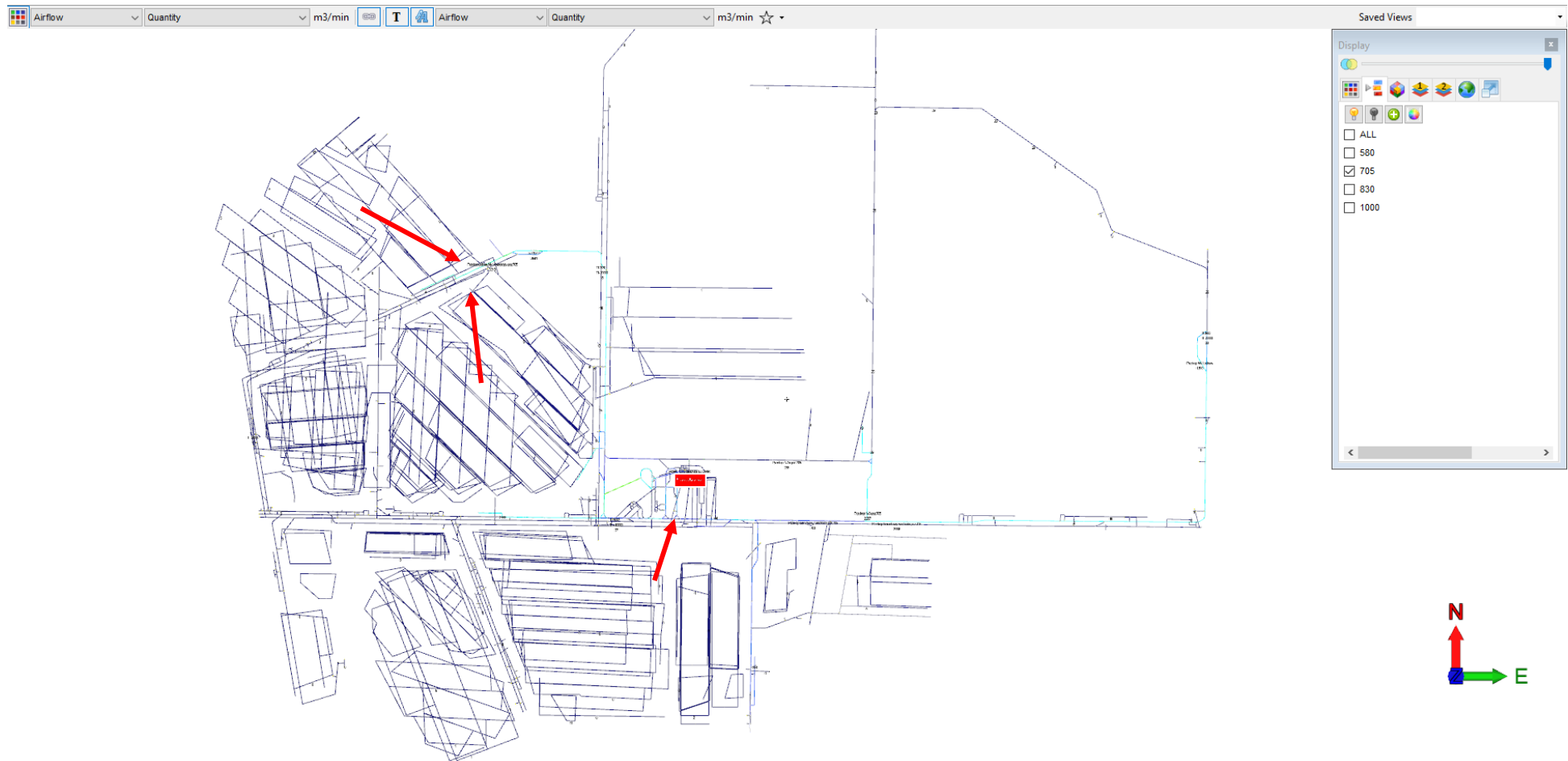
Podstawowe wyrobiska oraz kontury dokonanej eksploatacji



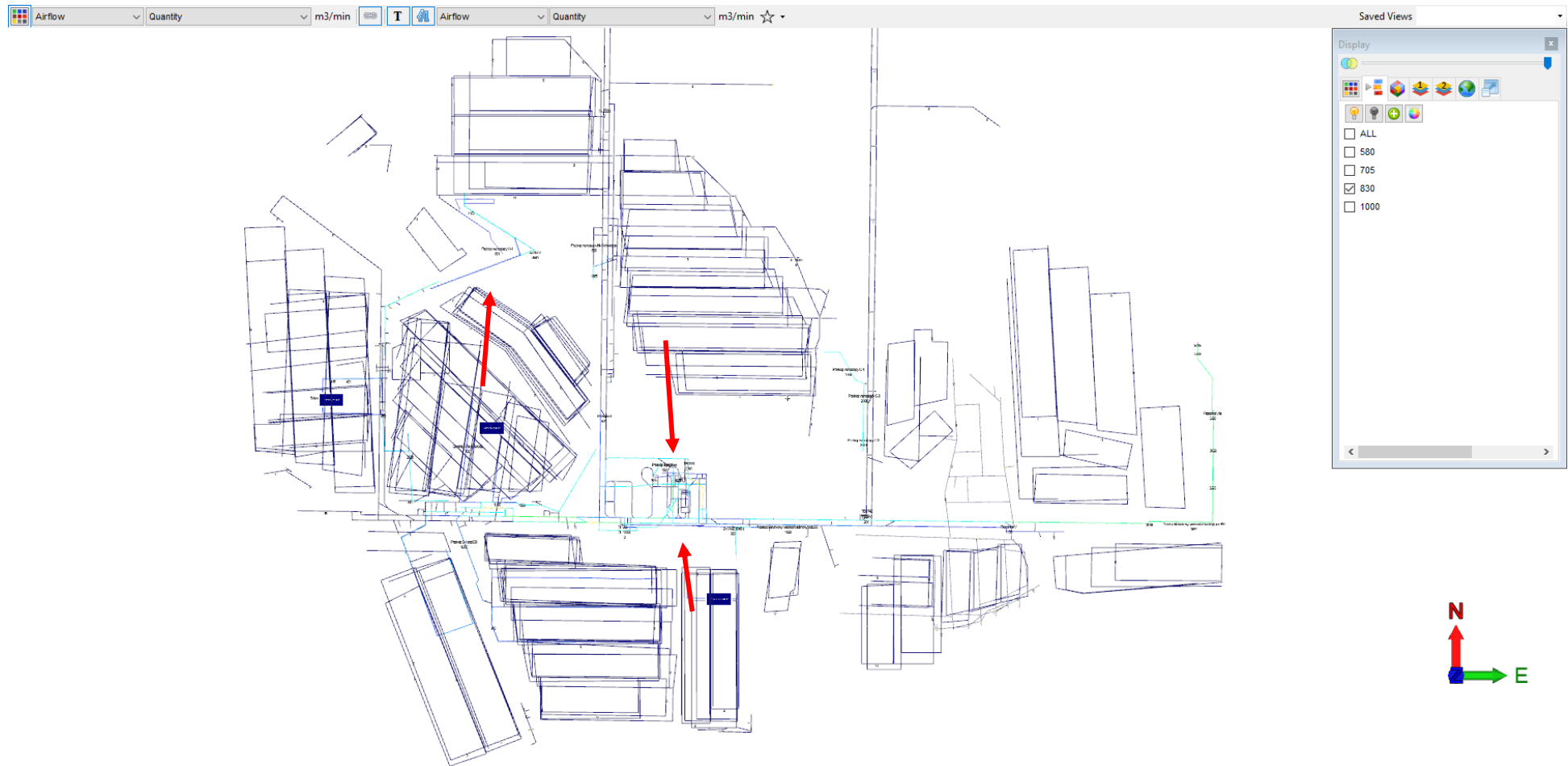
Wybrane przestrzenie / zroby 580



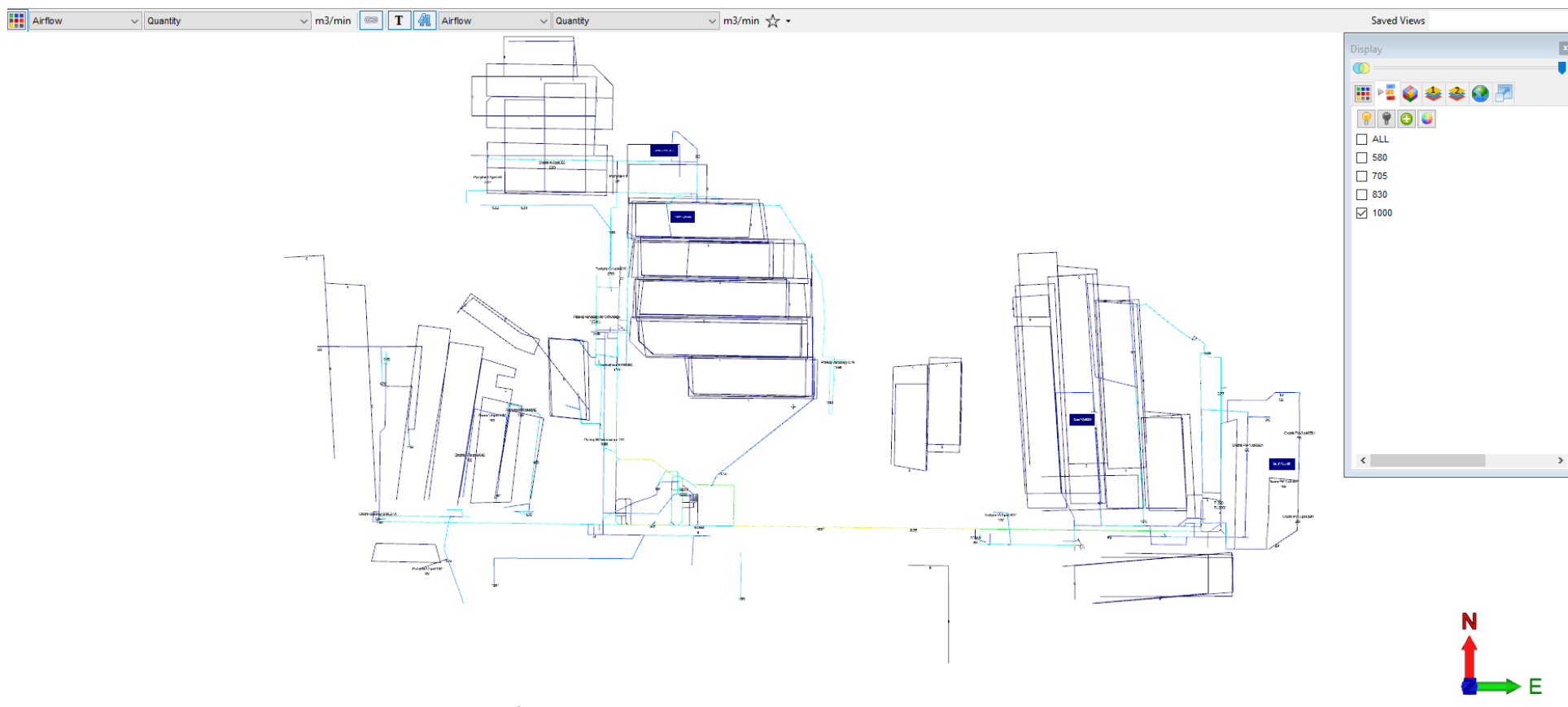
Wybrane przestrzenie / zroby 705



Wybrane przestrzenie / zroby 830



Wybrane przestrzenie / zroby 1000



Zakończenie

- » Mając na uwadze koncentrację wydobywania ale także ograniczenie emisji metanu do atmosfery należy dążyć **do optymalizacji struktury sieci wentylacyjnej wyrobisk górniczych.**
- » Należy również dążyć właściwej **gospodarki powietrzem w sieci wentylacyjnej podziemnych wyrobisk.**

Zakończenie

- » Do emisji metanu do wyrobisk górniczych przyczynia się rozległa i skomplikowana struktura wyrobisk sieci wentylacyjnej kopalni. Jest to spowodowane utrzymywaniem wyrobisk na wyższych poziomach przy eksploatacji prowadzonej na niższych poziomach.
Rozwartość dochodzi do 200-400m. **Utrzymywanie takiego stanu powoduje, że skuteczność odmetanowania robót górniczych nie będzie wysoka, gdyż rozkład ciśnień powoduje możliwość migracji metanu na wyższe poziomy.**
- » Należy dążyć aby wzrosła efektywność odmetanowania robót górniczych i wynosiła nie mniej niż 50%, co pozwoli to ograniczenie emisji metanu do wyrobisk a później do atmosfery.

Zakończenie

- » W ostatnim okresie zmniejszył się udział ujęcia metanu z rejonów prowadzonej eksploatacji a wzrósł udział emisji metanu z drążonych przodków oraz z tam izolacyjnych.
- » **Dlatego należy dokonać ponownej inwentaryzacji i weryfikacji ujęć do sieci odmetanowania pod kątem skuteczności prowadzenia ujęcia metanu w podziemnych wyrobiskach.**

Zakończenie

Dla ograniczania emisji metanu do atmosfery należy przeprowadzić:

- inwentaryzację tam izolacyjnych i podjąć próbę podłączenia do sieci odmetanowania tam izolacyjnych w których stężenie metanu przekracza 30 %;
- dla pozostałych tam izolacyjnych na których stwierdzono występowanie metanu, a stężenie metanu mieści się pomiędzy 20 a 30%, należy rozważyć podłączenie do alternatywnej sieci odmetanowania o obniżonym stężeniu,
- inwentaryzację pod kątem uszczelnienia TI w których stężenie metanu jest mniejsze niż 20%. Doszczelnienie tam izolacyjnych można przeprowadzić poprzez wiercenie otworów po obrysie i dotłoczenie klejami. W przypadku stwierdzenia konieczności postawienia nowej tamy izolacyjnej należy wykonać TI z wciosami i zatłoczyć spoiwo (dotyczy wszystkich pojedynczych tam murowanych). W przypadku stwierdzenia szczelin i pęknięć w wyrobiskach wokół tam należy rozważyć wykonanie, na pewnym odcinku torkretu, w celu zwiększenia izolacyjności wokół tamy.



Dziękuję za uwagę

