



Politechnika
Śląska

SEMINARIUM KATEDRY ELEKTROENERGETYKI I STEROWANIA UKŁADÓW



UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

*Analiza pola elektrycznego i hałasu w otoczeniu
napowietrznych linii HVDC*

dr inż. **Agnieszka Dziendziel**

Nowe wyzwania związane z wprowadzeniem technologii HVDC do KSE



CO PRZED NAMI

- Zmiana struktury wytwarzania
- Konieczność wyrowadzenia mocy z EJ i MFW
- Nowe wyzwania związane z zapewnieniem bezpieczeństwa pracy SEE

WNIOSEK

- Otwarcie się na technologię HVDC
- Brak doświadczeń krajowych w zakresie projektowania i eksploatacji napowietrznych układów HVDC (wiedza know-how)
- Brak przepisów i regulacji prawnych (technicznych i środowiskowych)

CZĘŚĆ 1

Pole elektryczne napowietrznej linii HVDC

PORÓWNANIE CECH POLA AC I DC

Cecha	PE AC	PE DC
Charakter pola	Zmienne w czasie (50 Hz)	Stałe w czasie
Kierunek pola	Zmienia się 100 razy na sekundę (50 Hz)	Stały kierunek
Efekt jonizacji powietrza	Niewielki	Wyraźny (ciągła emisja jonów)
Wpływ pogody na wartość natężenia pola	Niewielka zależność	Istotna zależność
Odczuwanie pola	Indukowanie bardzo słabych prądów w ciele człowieka, możliwość odczuwania mikroiskrzeń przy dotyku metalowych przedmiotów	Elektryzowanie włosów i odzieży, gromadzenie ładunków na izolowanych obiektach, sporadyczne wyładowania elektrostatyczne
Spodziewane wartości natężenia pola	Zwykle 1÷10 kV/m	Zwykle 5÷30 kV/m

WYTYCZNE DLA AC

Składowa elektryczna:

- w miejscach dostępnych dla ludzi: **10 kV/m**
- dla terenów pod zabudowę mieszkalną: **1 kV/m**

REKOMENDACJA DLA DC

Składowa elektryczna (**zalecane**):

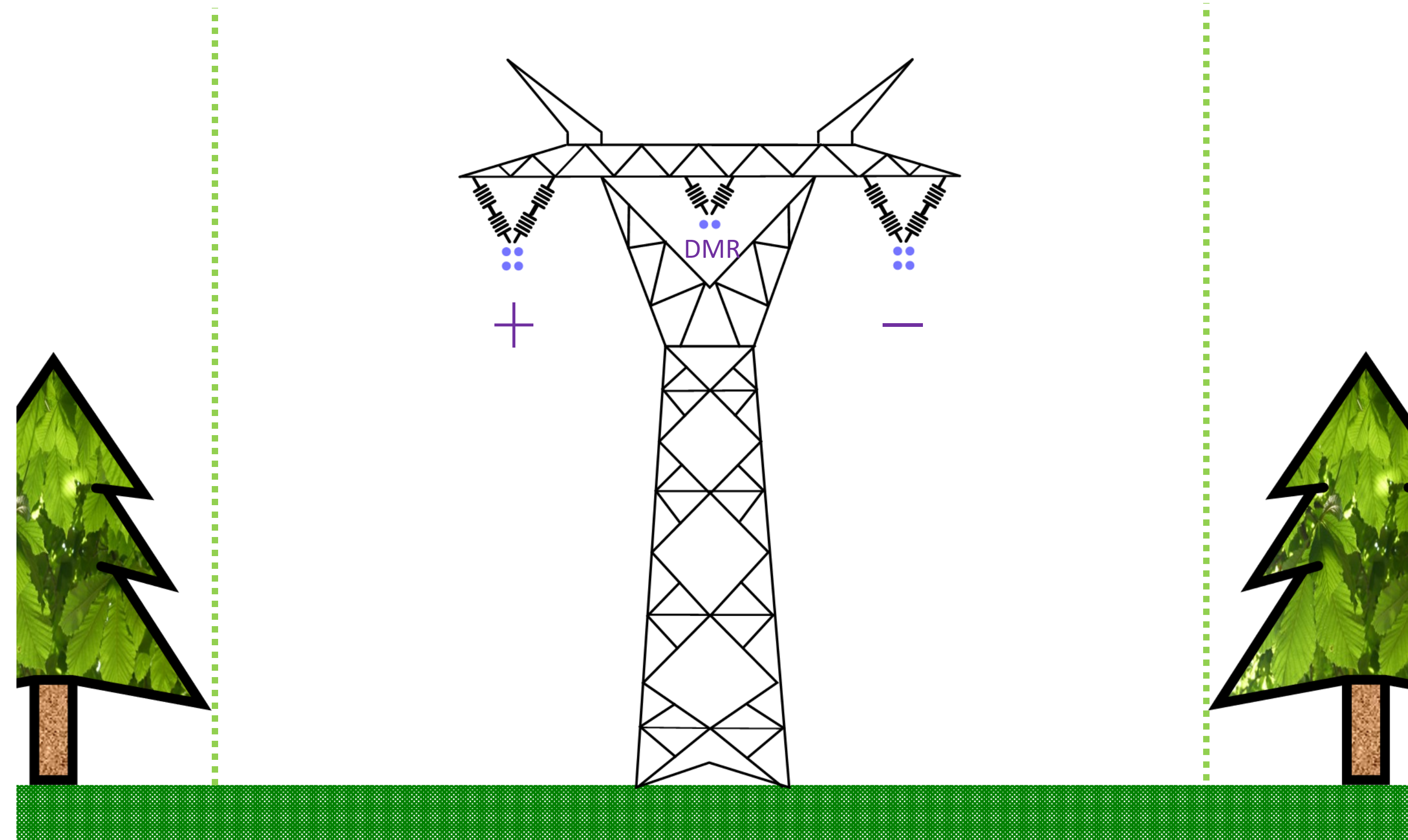
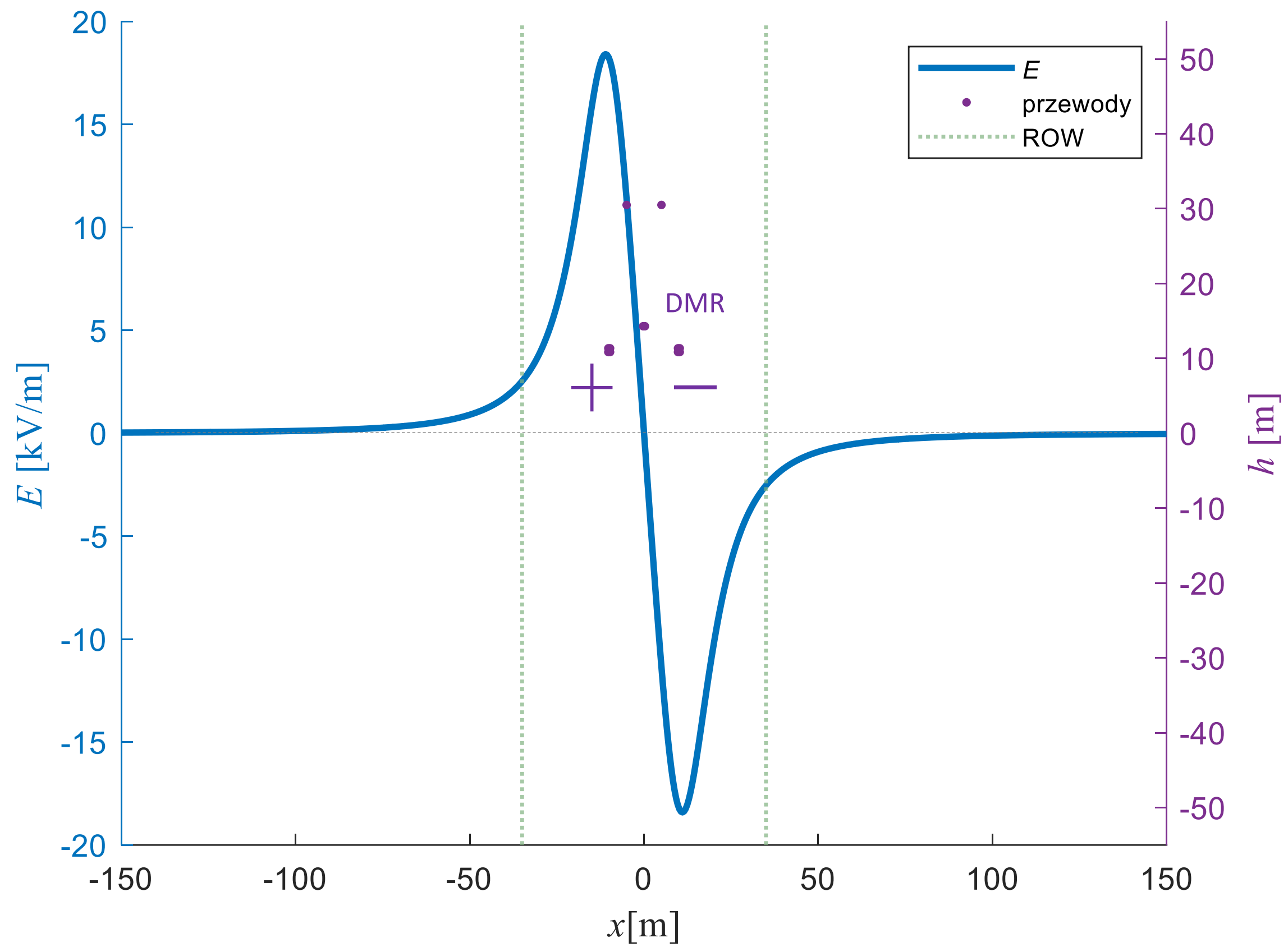
- w miejscach dostępnych dla ludzi: **25 kV/m**
- prąd jonowy: **100 nA/m²**

Kraj	Poziom E , kV/m	Uwaga
Norwegia	30	wewnątrz ROW
Korea	25	wewnątrz ROW
Brazylia	40 / 10	wewnątrz / na granicy ROW
Francja	40 / 10	wewnątrz / na granicy ROW
USA	7÷10 / 1÷5	wewnątrz / na granicy ROW
Japonia	8,1	wewnątrz ROW (dla AC: 3 kV/m)

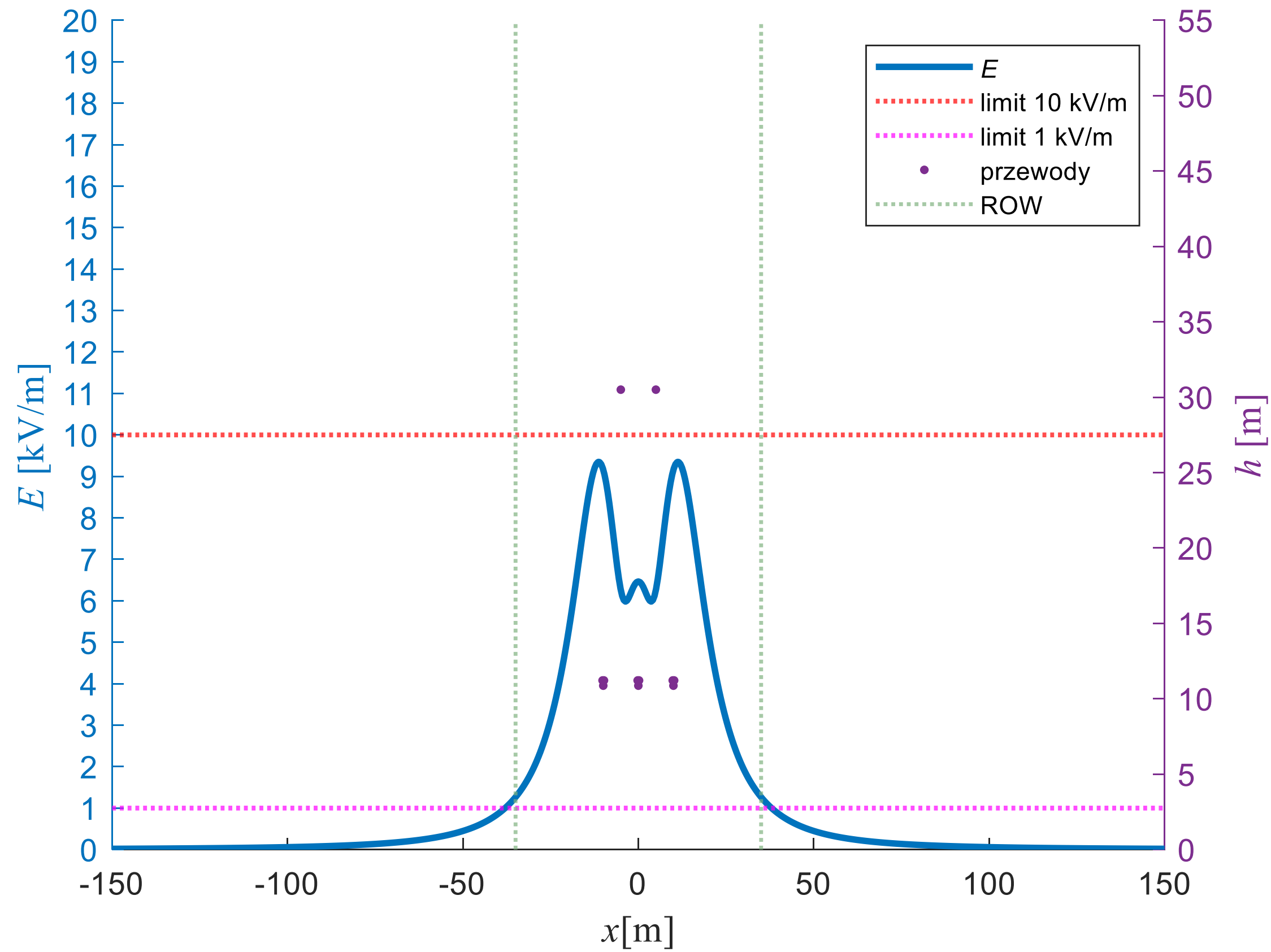


Rozkład pola elektrycznego pod liniami napowietrznymi AC i DC

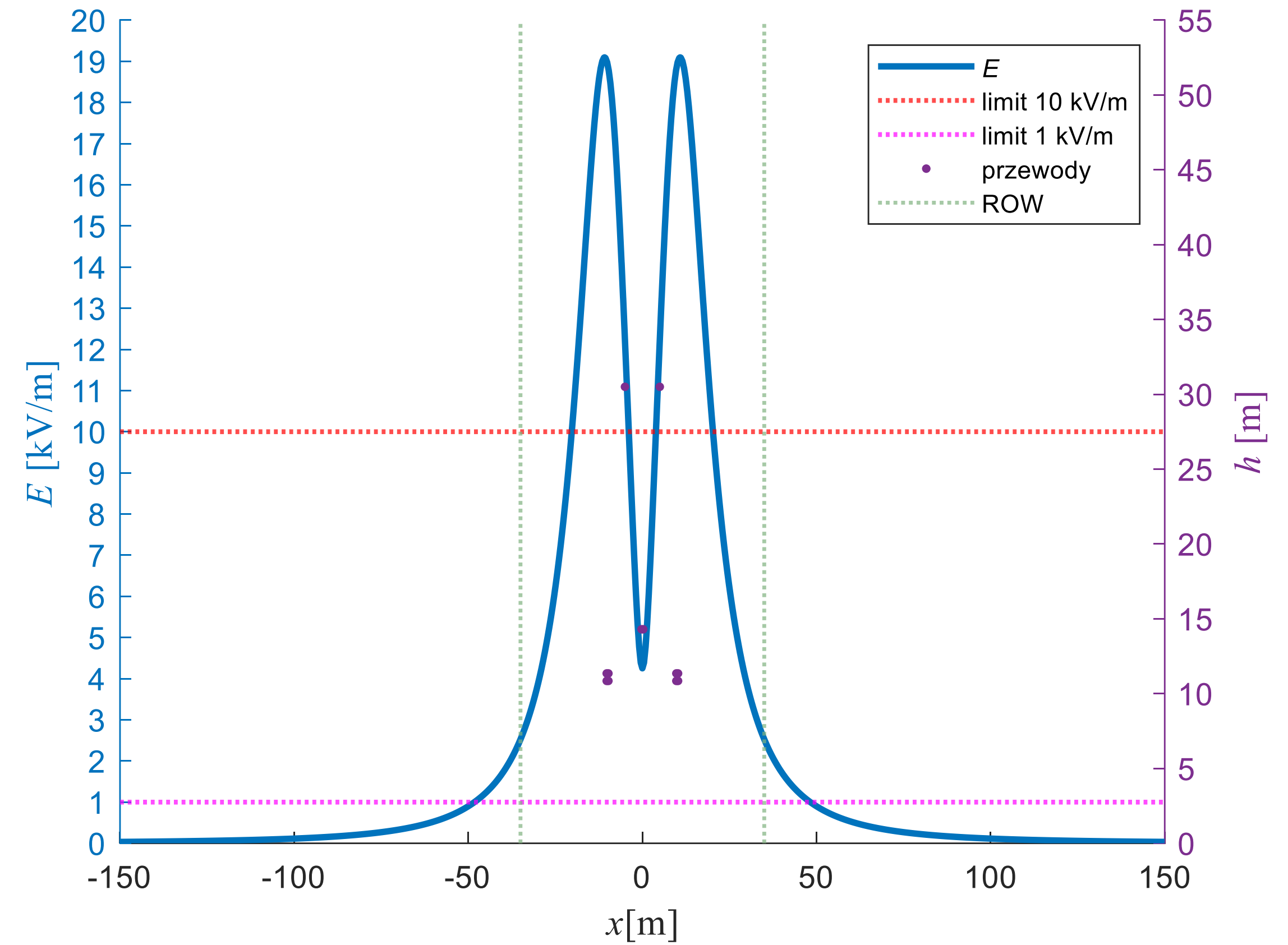
Natężenie pola elektrycznego na powierzchni gruntu
($E = E_y, E_x = 0$)



To co znamy: **pole AC**

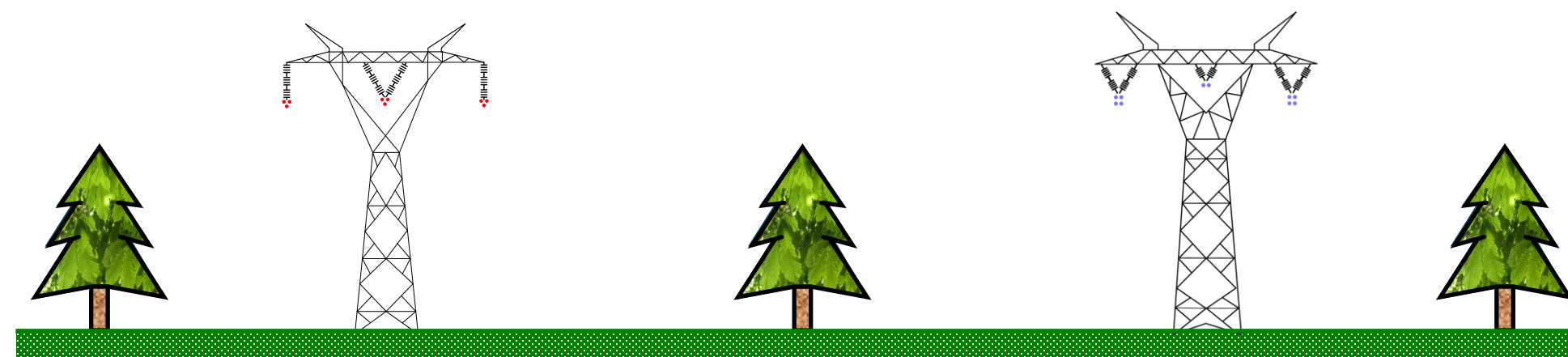


To co przed nami: **pole DC**

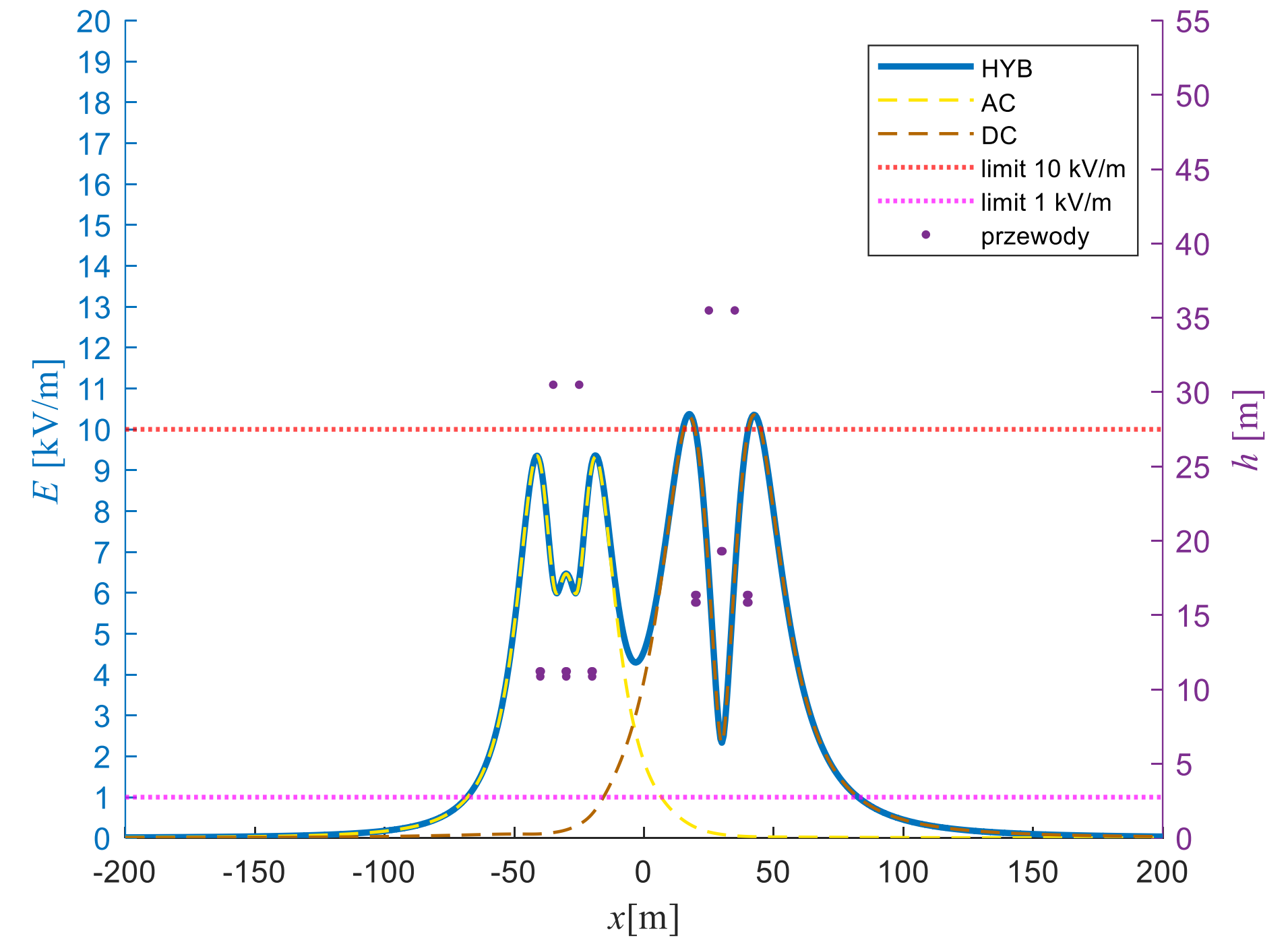
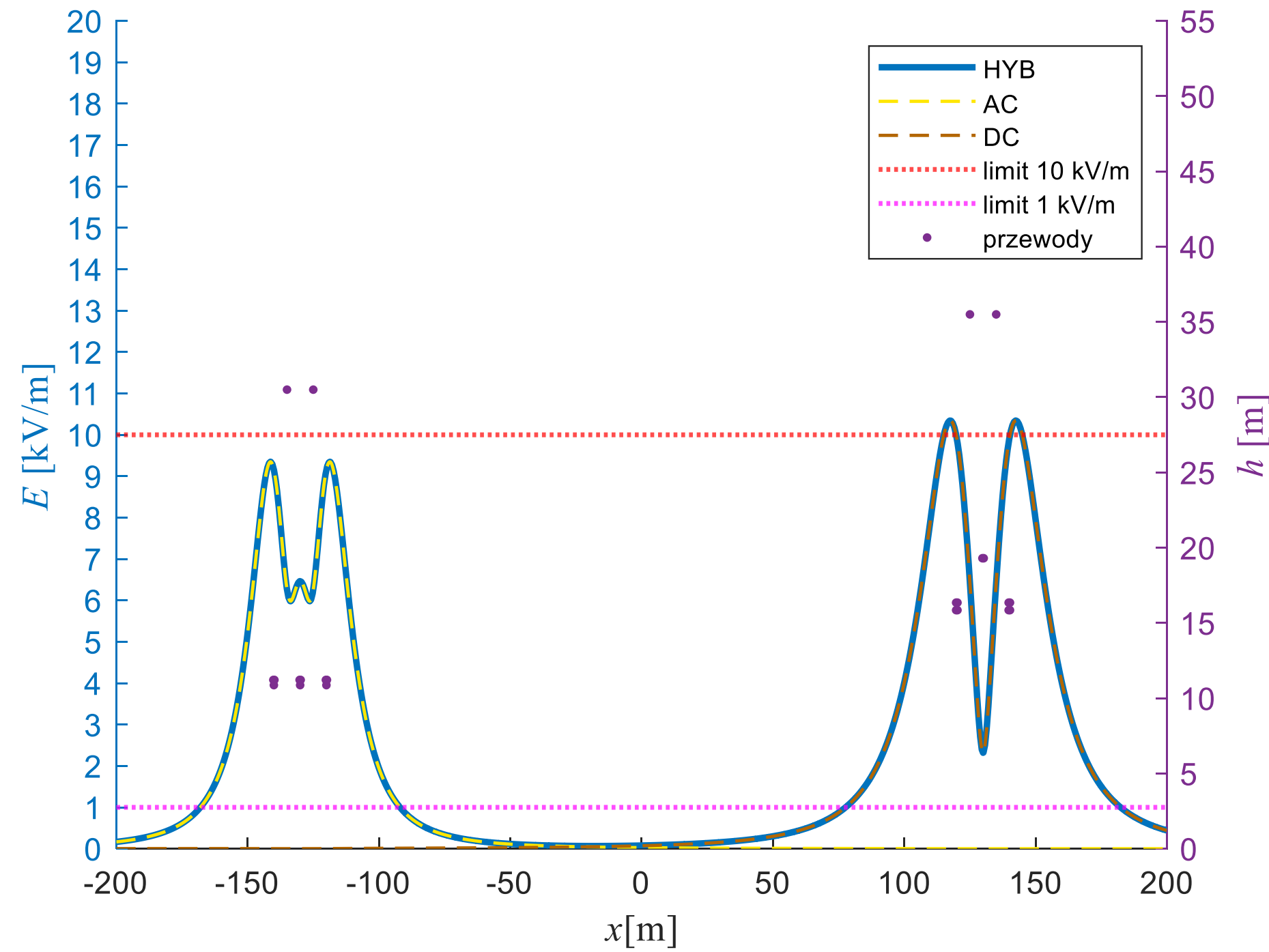
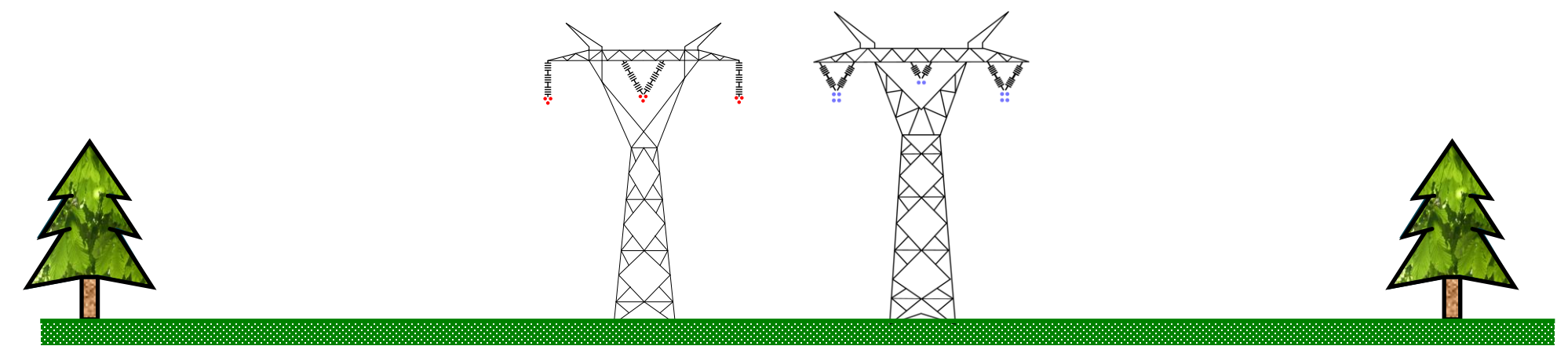


Rozkład pola elektrycznego pod liniami napowietrznymi AC i DC

...linie biegną w swoim sąsiedztwie

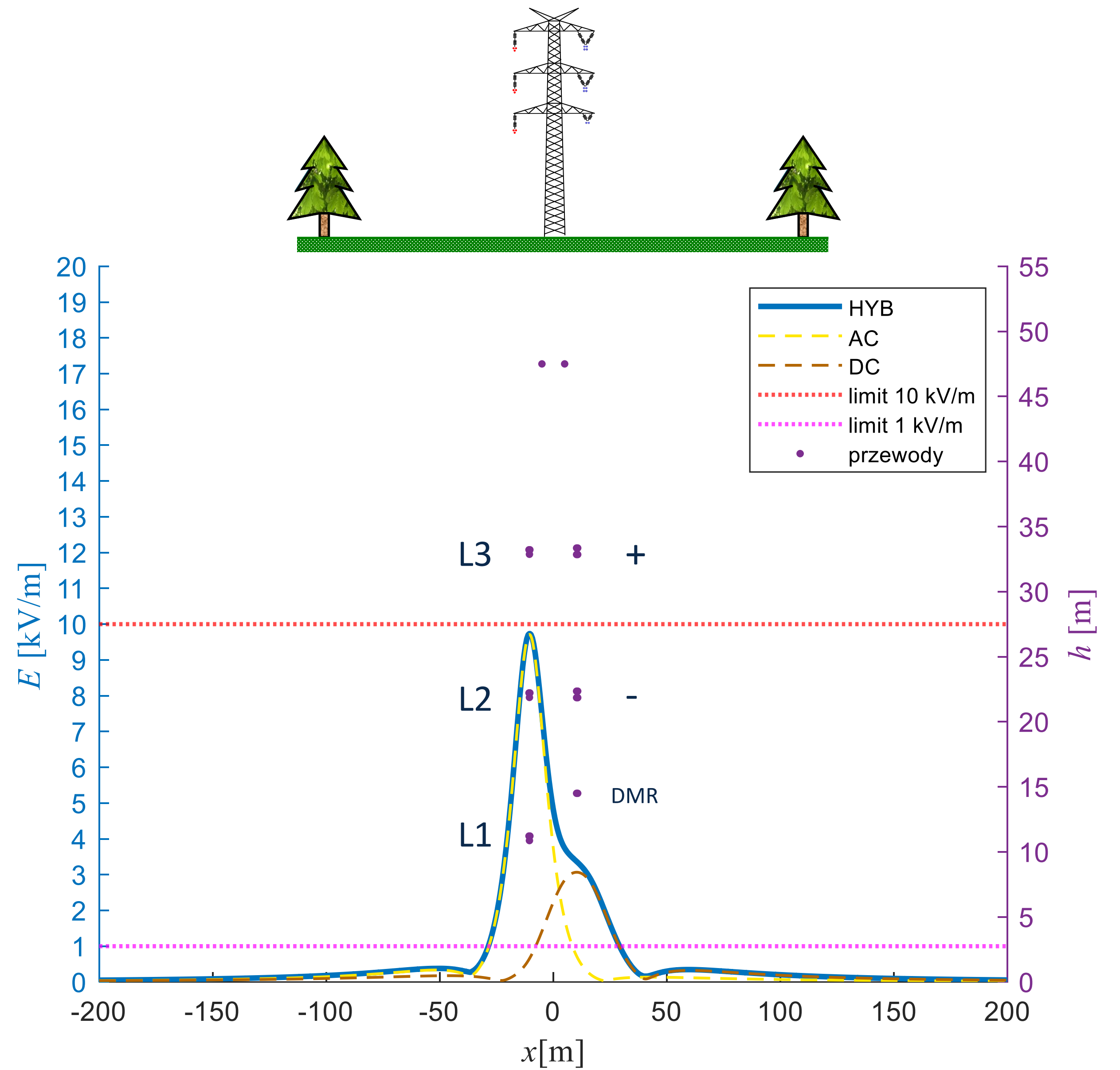
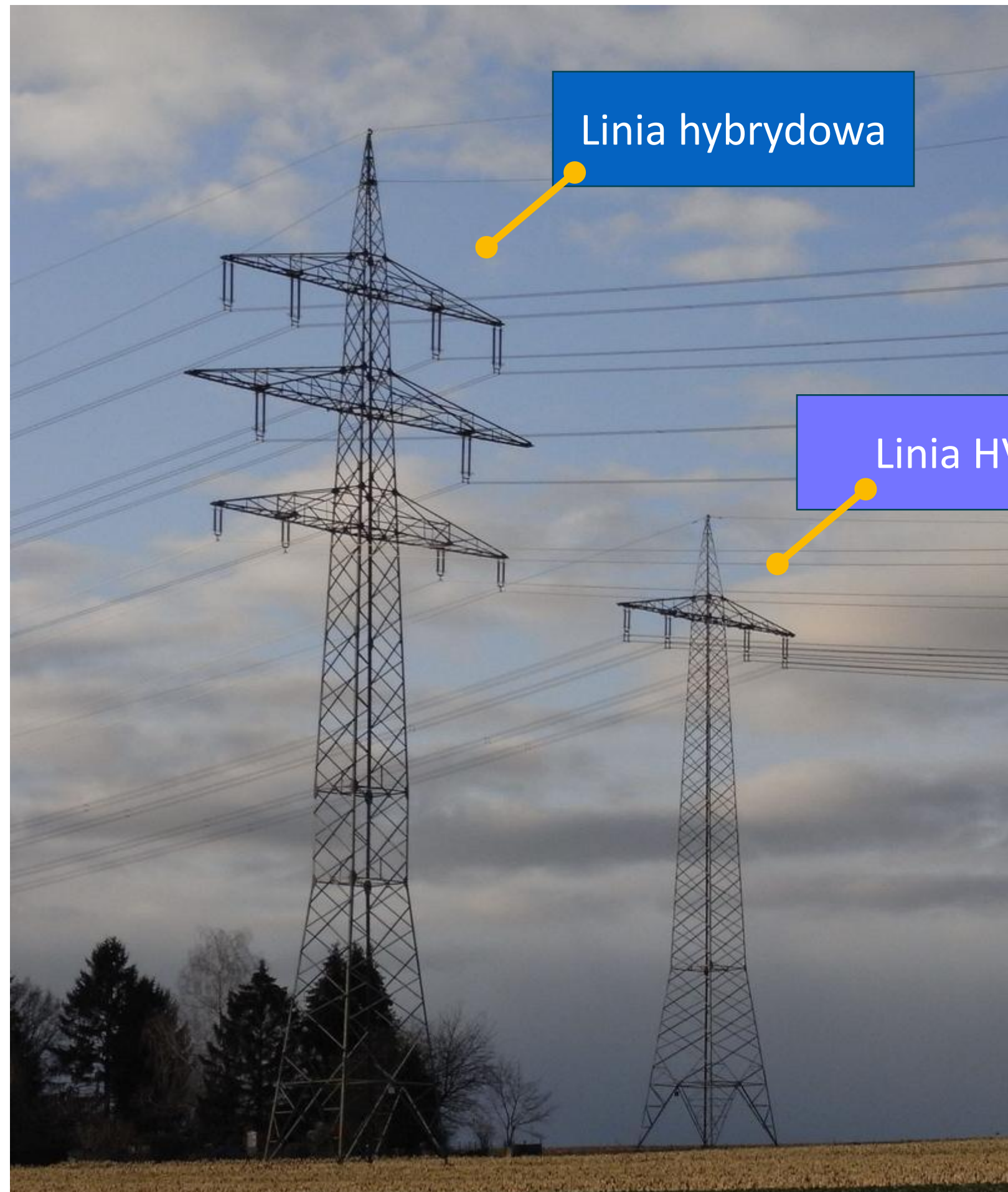


...i jeszcze bliżej



Rozkład pola elektrycznego pod liniami napowietrznymi AC i DC

...aż trafiają na wspólną konstrukcję wsporczą – *linia hybrydowa*



CZĘŚĆ 2

Hałas napowietrznej linii HVDC

PORÓWNANIE CECH HAŁASU OD LN AC I DC

Cecha	hałas AC	hałas DC
Główne źródło hałasu	Wyładowanie koronowe AC	Wyładowanie koronowe DC
Dominujące zjawisko	Zmiana polaryzacji 100 razy/s	Stała emisja jonów
Zmienność w czasie	Pulsująca, silna składowa 100 Hz i harmoniczne	Brak częstotliwości sieciowej
Kiedy słyszalny	Brzydka pogoda – deszczowa	Ładna pogoda – sucha
Charakter dźwięku	Brzęczenie, buczenie, syczenie, trzaskanie	Stały szum, jednostajne syczenie
Uciążliwość subiektywna	Często bardziej zauważalna Opisywany jako: „Bzzzzzzzzzzzzzzzzzz...”	Często mniej irytująca przy tym samym poziomie dB(A) Opisywany jako: „Sssssssssssssssss...”

SUBIEKTYWNE ZAKRESY POZIOMU HAŁASU GENEROWANEGO PRZEZ LN

Poziom uporczywości	wg CIGRE, dB	wg EPRI, dB	Komentarz
Niski	< 52	< 52,5	poziom restrykcyjny
Średni	52 ÷ 58	52,5 ÷ 59	poziom najczęściej stosowany
Wysoki	58 <	59 <	poziom dopuszczalny dla obszarów mniej wrażliwych

Limity hałasu akustycznego pod liniami napowietrznymi



STOSOWANE LIMITY HAŁASU W WYBRANYCH KRAJACH

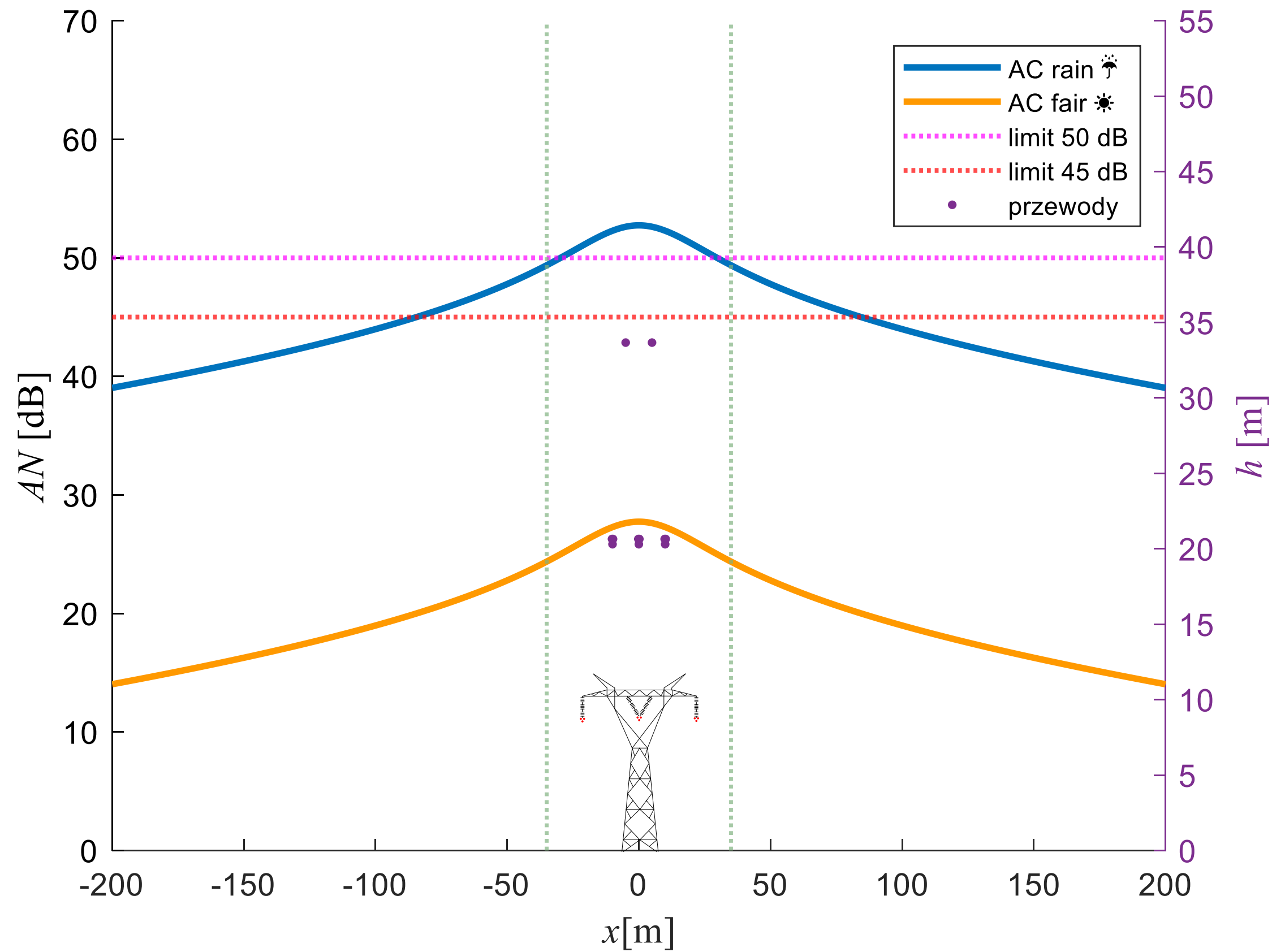
Kraj	Poziom L , dB	Uwaga
Polska	40÷50	w zależności od terenu i pory dnia, podczas deszczu
Norwegia	45÷55	w zależności od terenu
Kanada	50÷55	podczas deszczu (L_{50}), na granicy ROW
Korea	50	podczas deszczu (L_{50})
Niemcy	35÷55	w zależności od terenu
Brazylia	50	na granicy ROW
Francja	45÷55/50÷60	w zależności od terenu i pory dnia
USA	53/58	podczas deszczu/podczas silnego deszczu
Japonia	50	podczas deszczu

Kraj	Poziom L , dB	Uwaga
Polska	-	-
Norwegia	42	podczas ładnej pogody
Kanada	42	podczas ładnej pogody
Korea	45	podczas ładnej pogody
Niemcy	35÷70	podczas ładnej pogody; w zależności od terenu i pory dnia
Brazylia	42	podczas ładnej pogody
Francja	42	podczas ładnej pogody
USA	45÷55	podczas ładnej pogody
Japonia	45÷70	warunki suche; w zależności od terenu i pory dnia

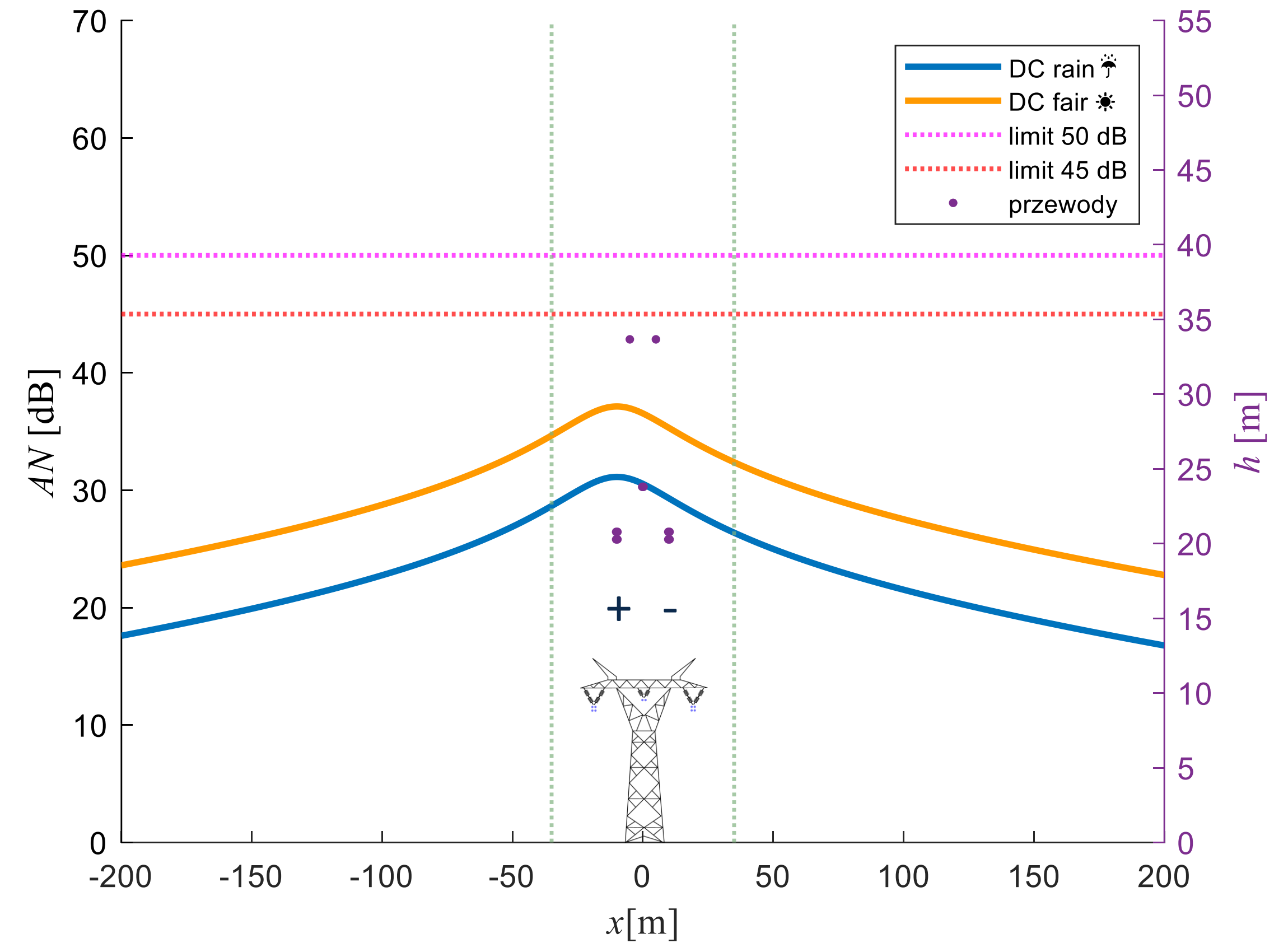
Hałas pod liniami napowietrznymi AC i DC

Metoda EPRI (*The Electric Power Research Institute*): **L50 (average)**

To co znamy: **hałas AC**



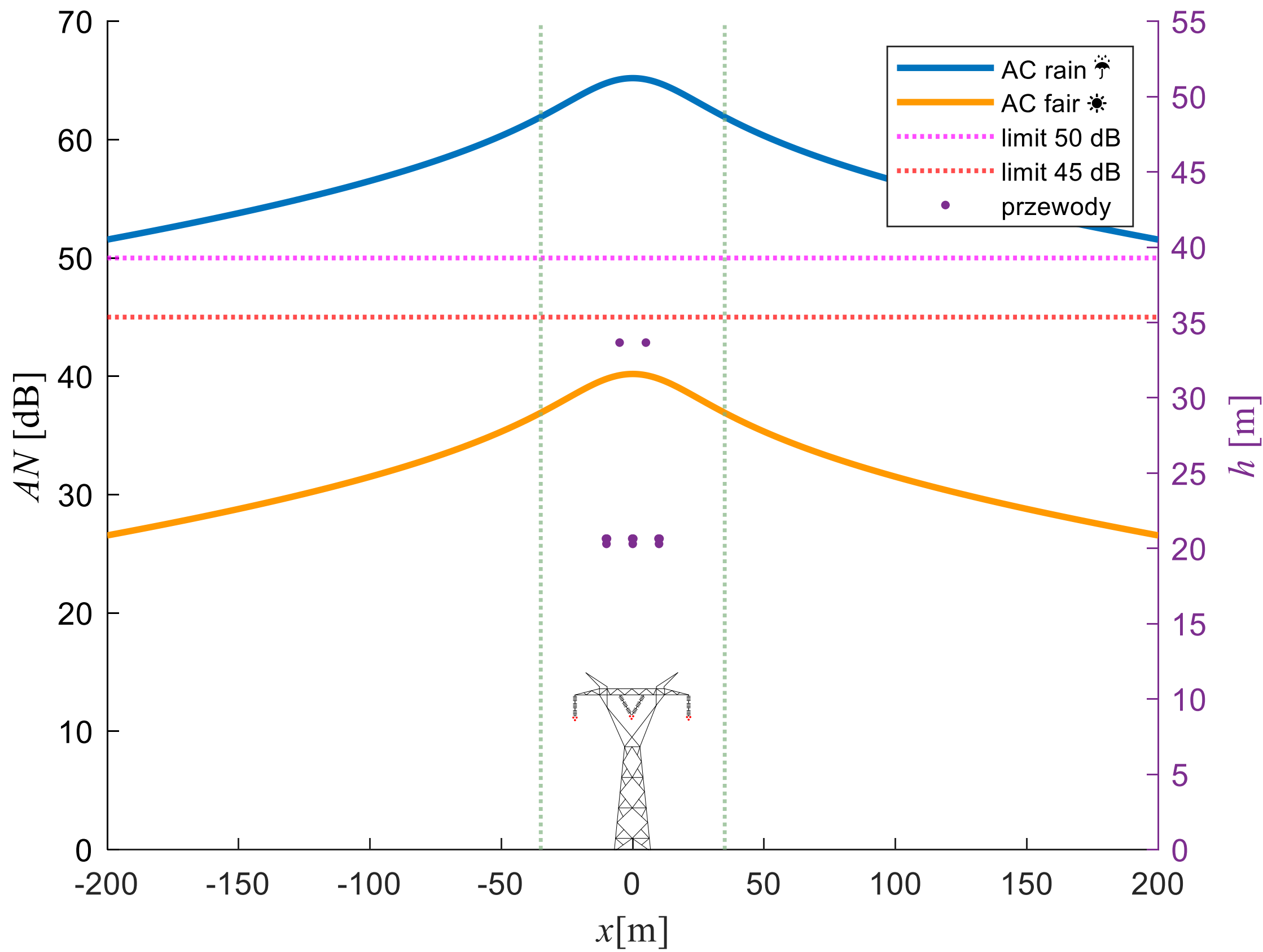
To co przed nami: **hałas DC**



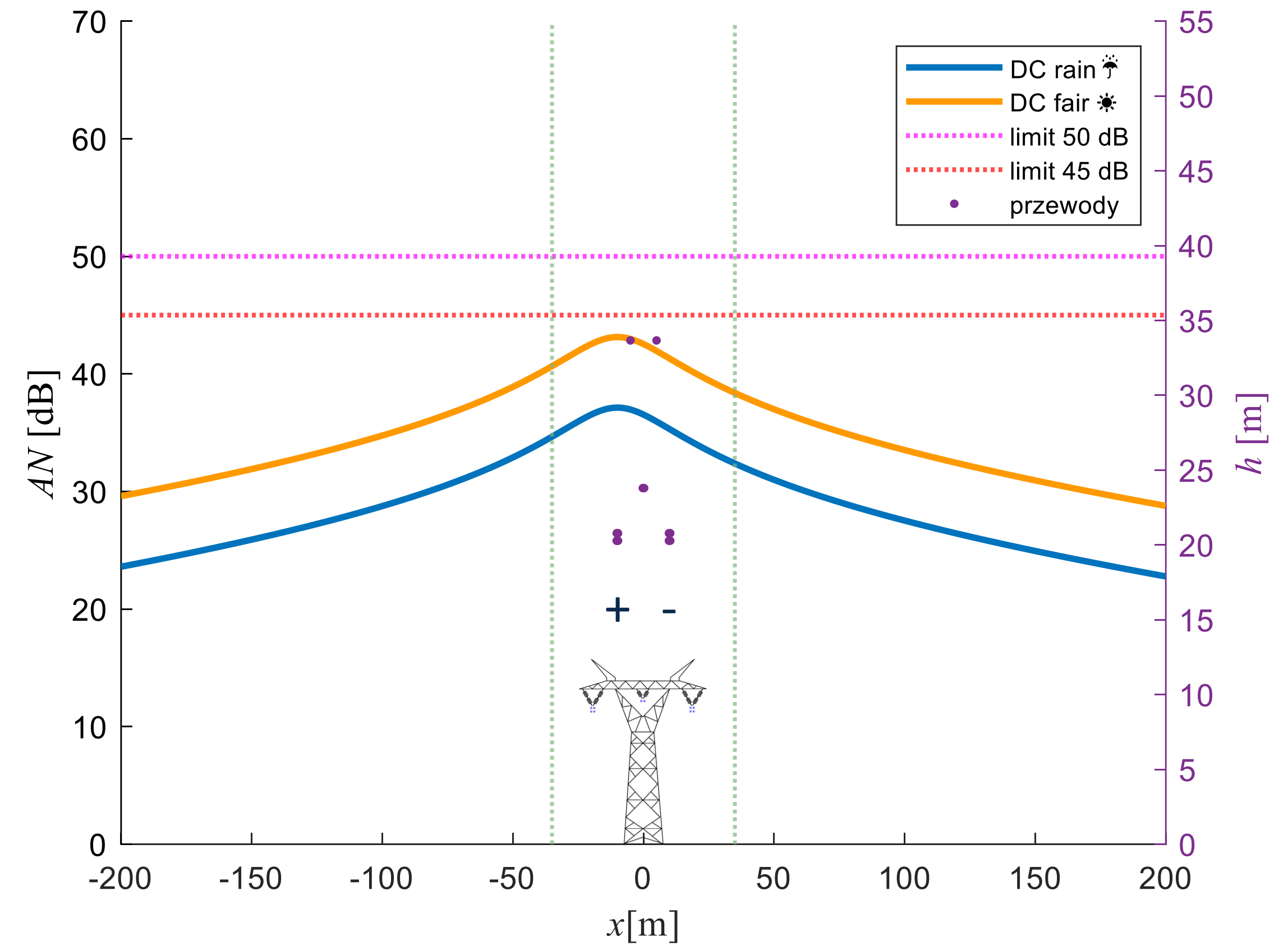
Hałas pod liniami napowietrznymi AC i DC

Metoda EPRI (*The Electric Power Research Institute: **L5 (maximum)***)

To co znamy: **hałas AC**

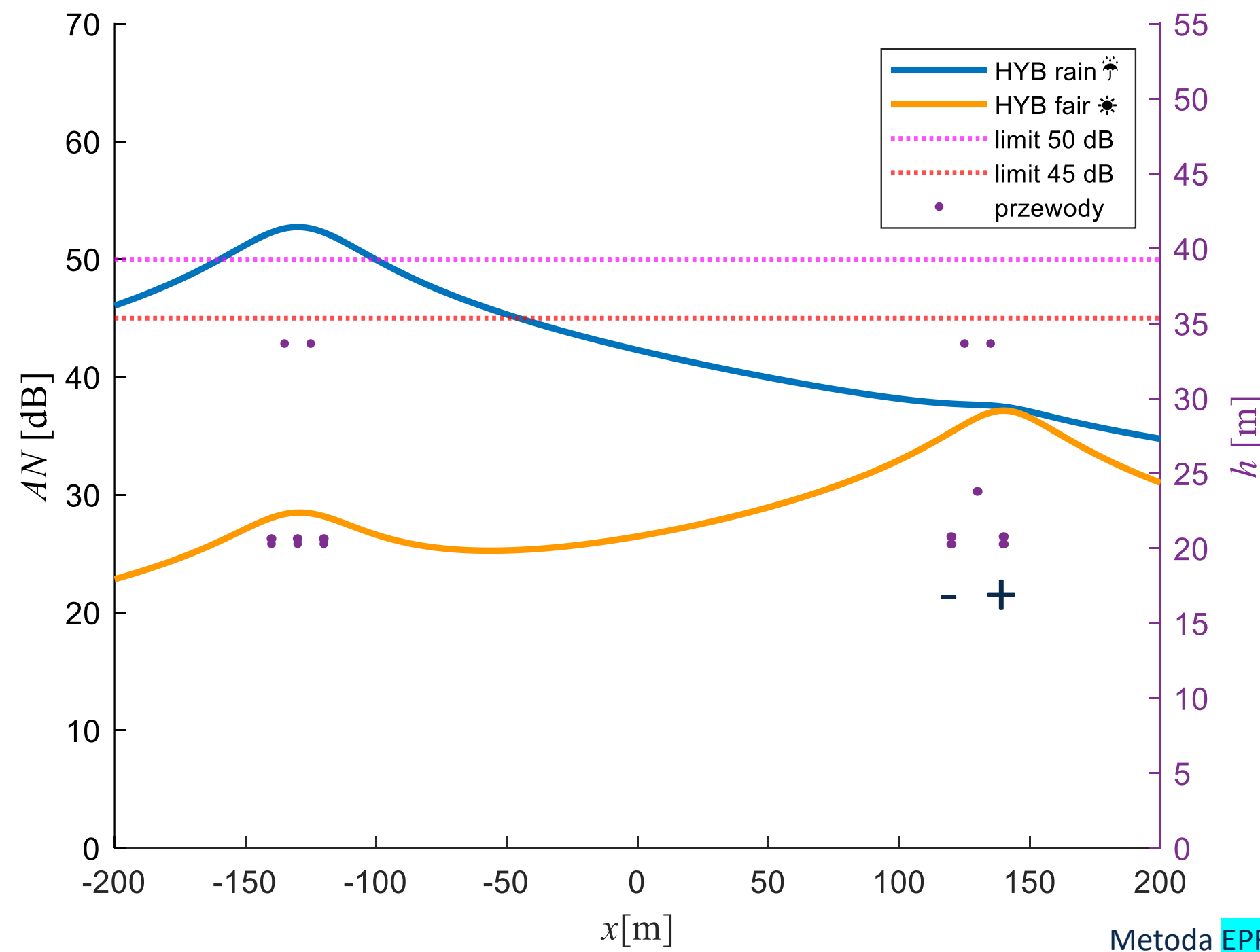
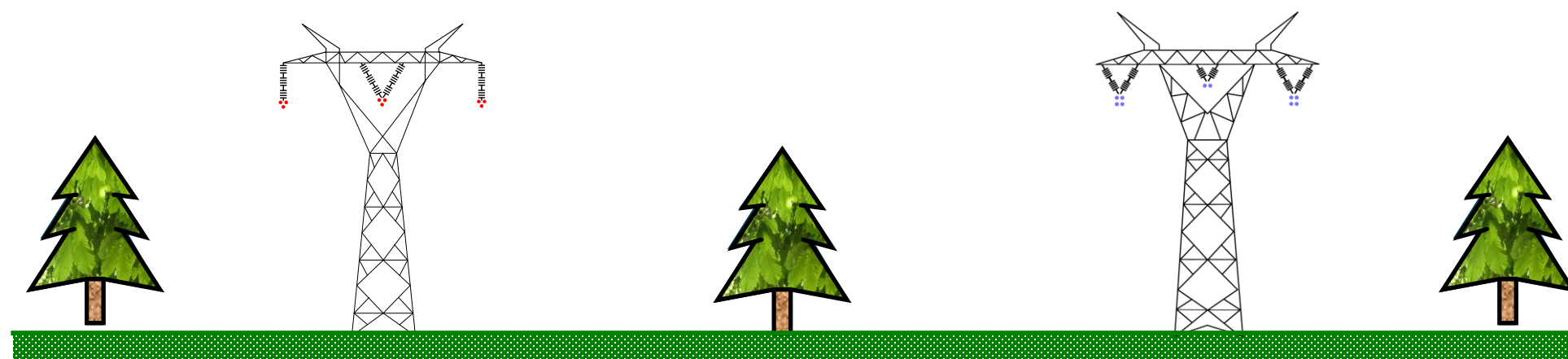


To co przed nami: **hałas DC**

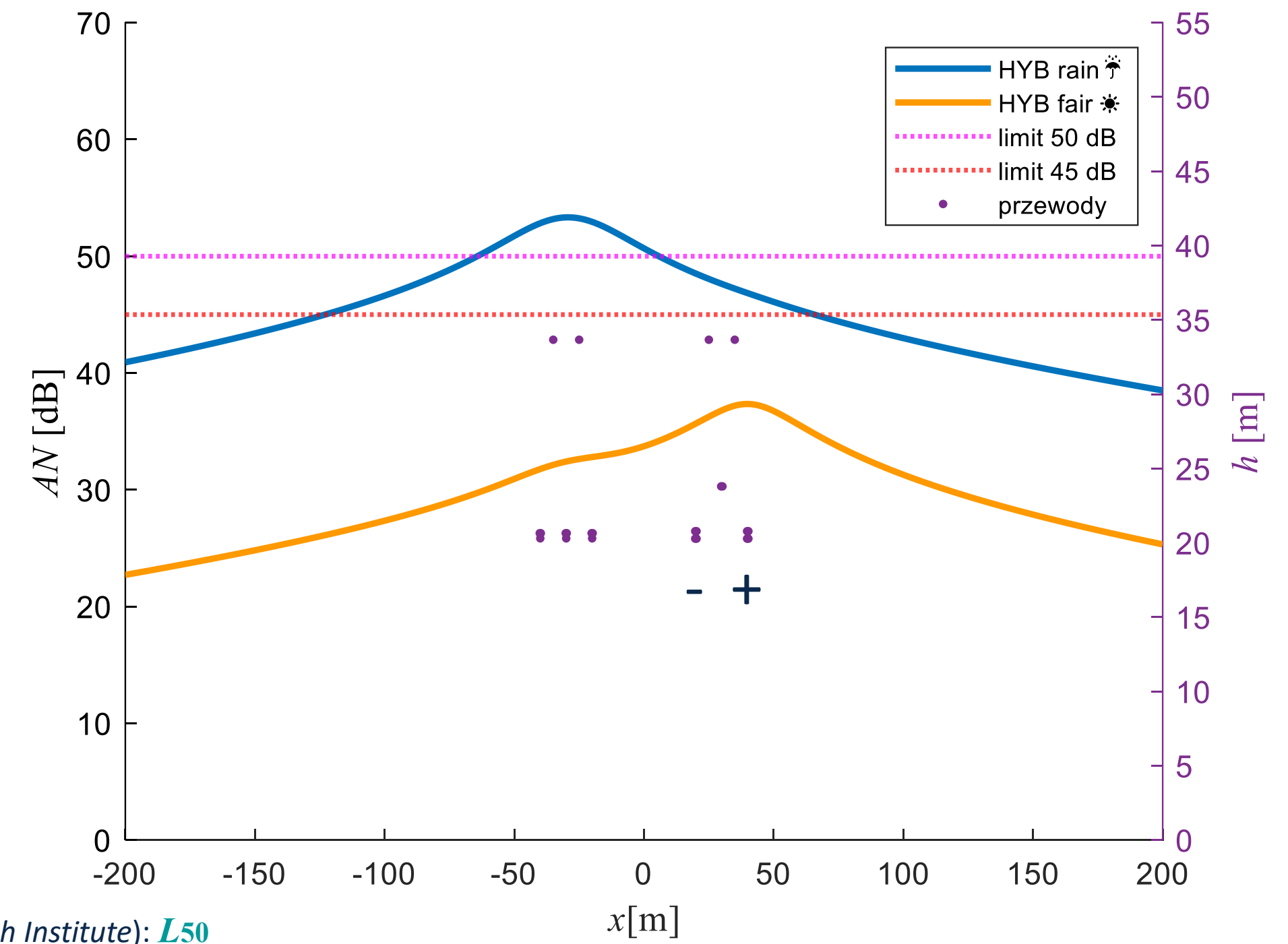
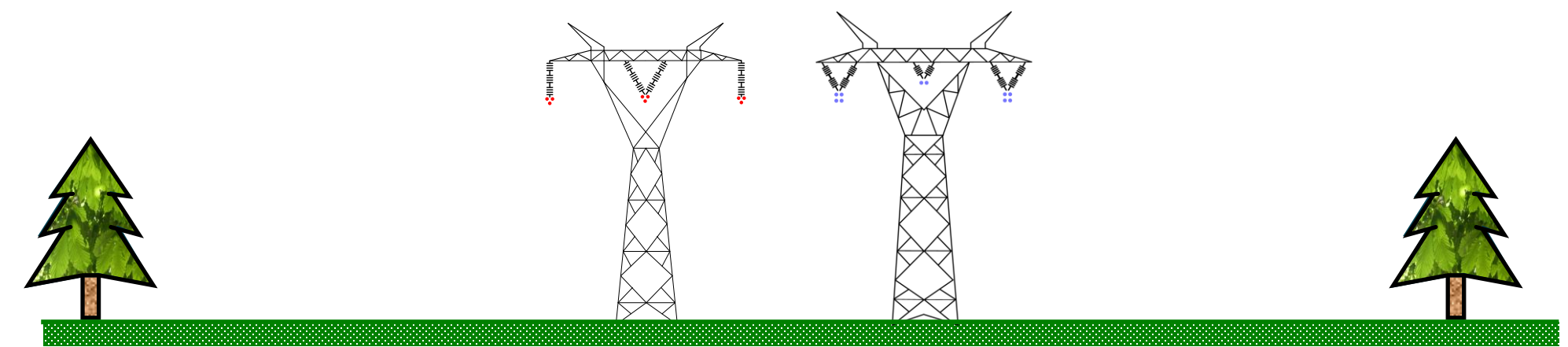


Hałas pod liniami napowietrznymi AC i DC

...linie biegną w swoim sąsiedztwie



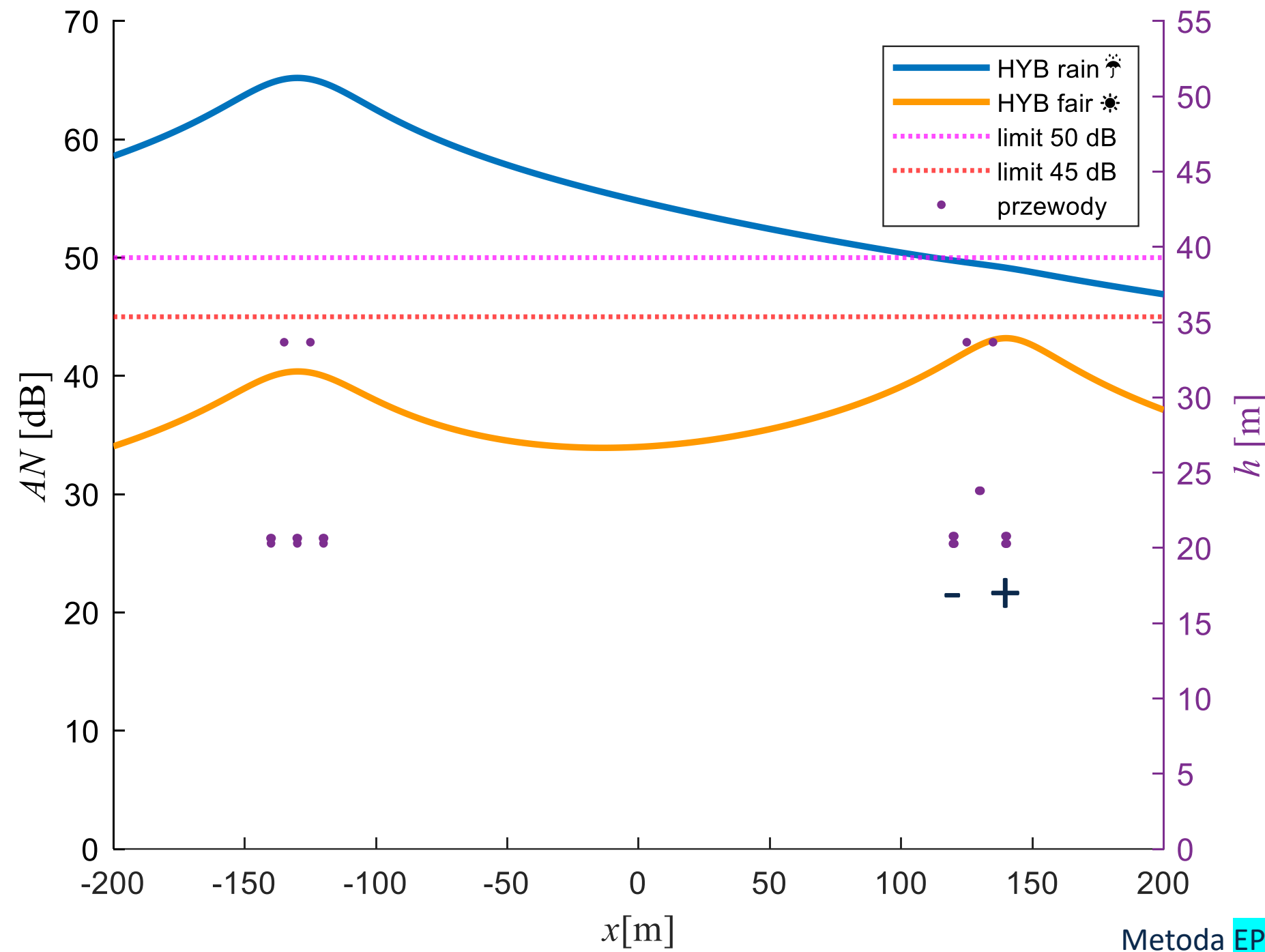
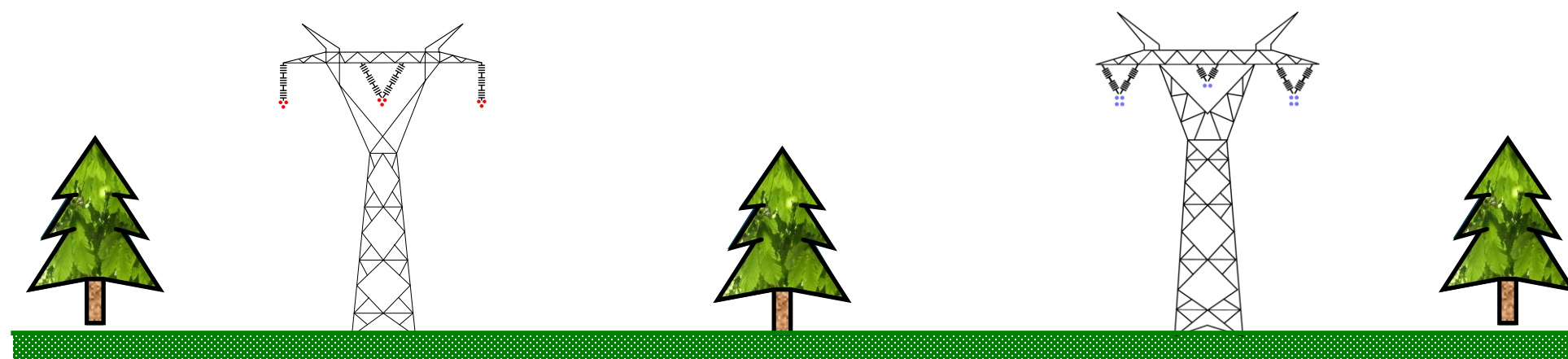
...i jeszcze bliżej



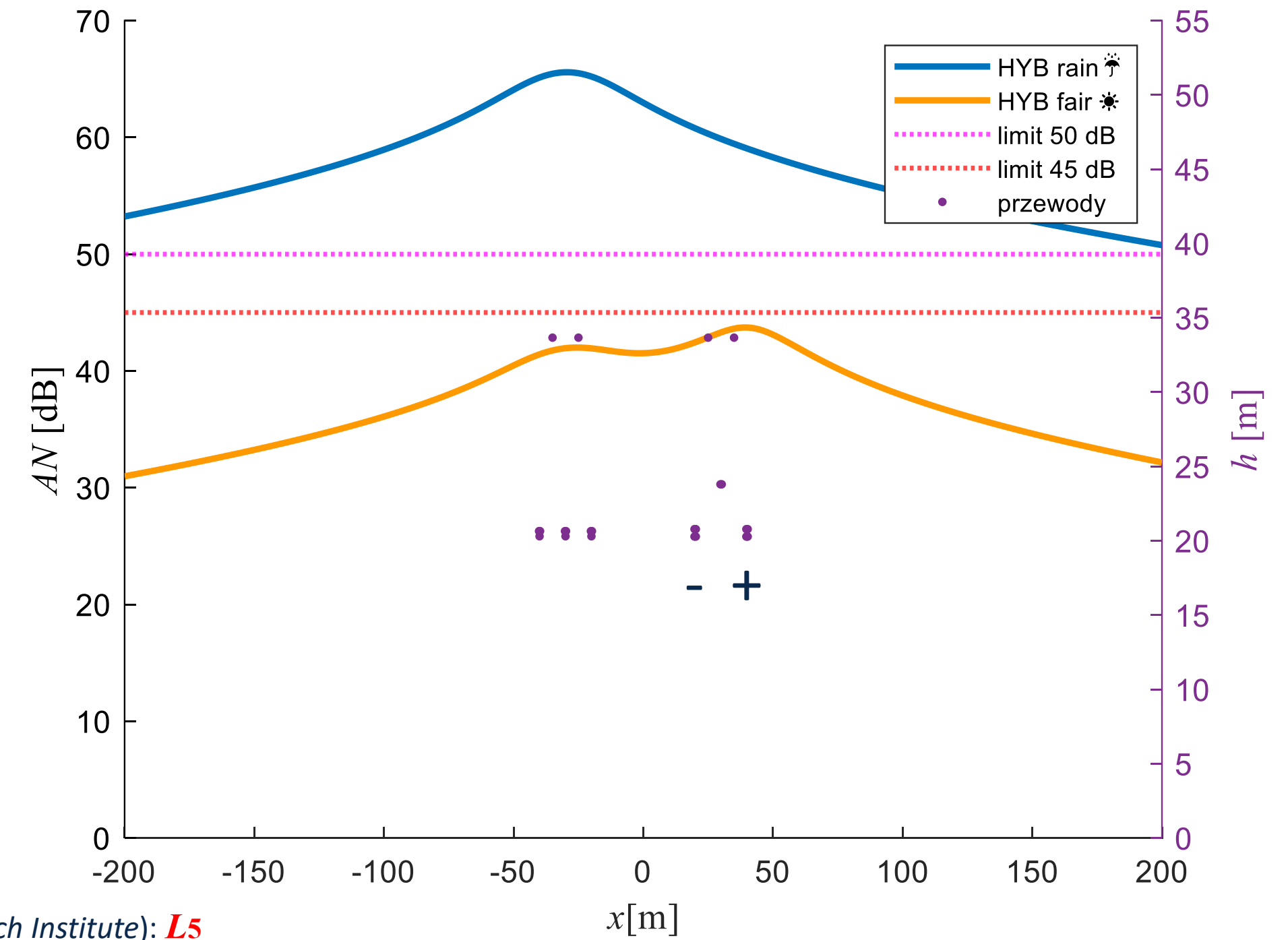
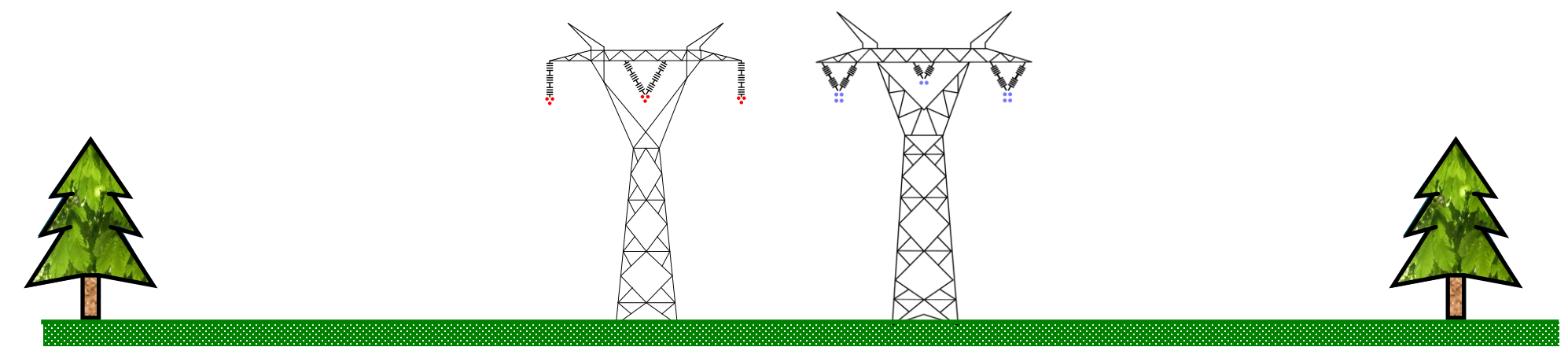
Metoda EPRI (The Electric Power Research Institute): L50

Hałas pod liniami napowietrznymi AC i DC

...linie biegną w swoim sąsiedztwie

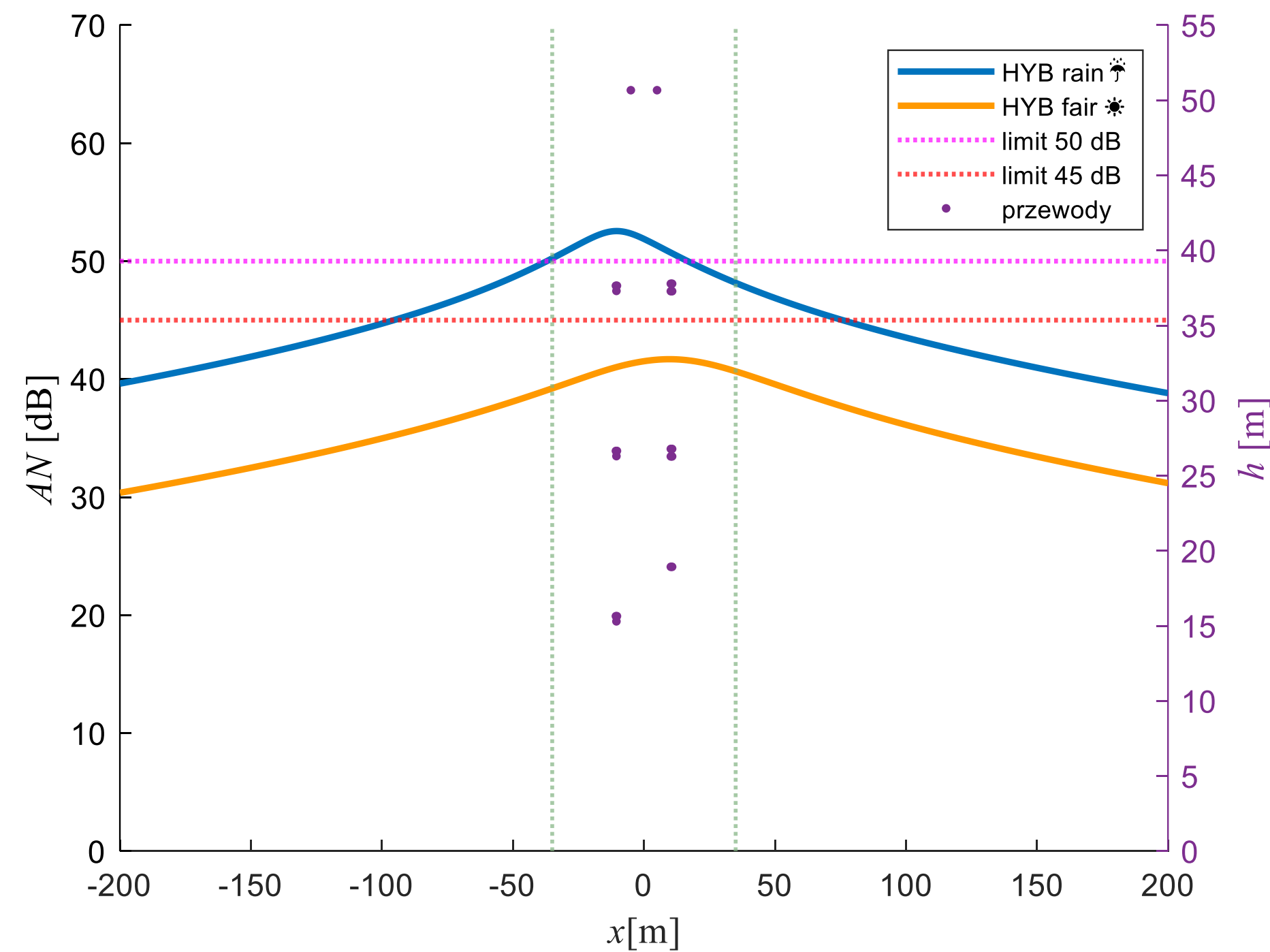
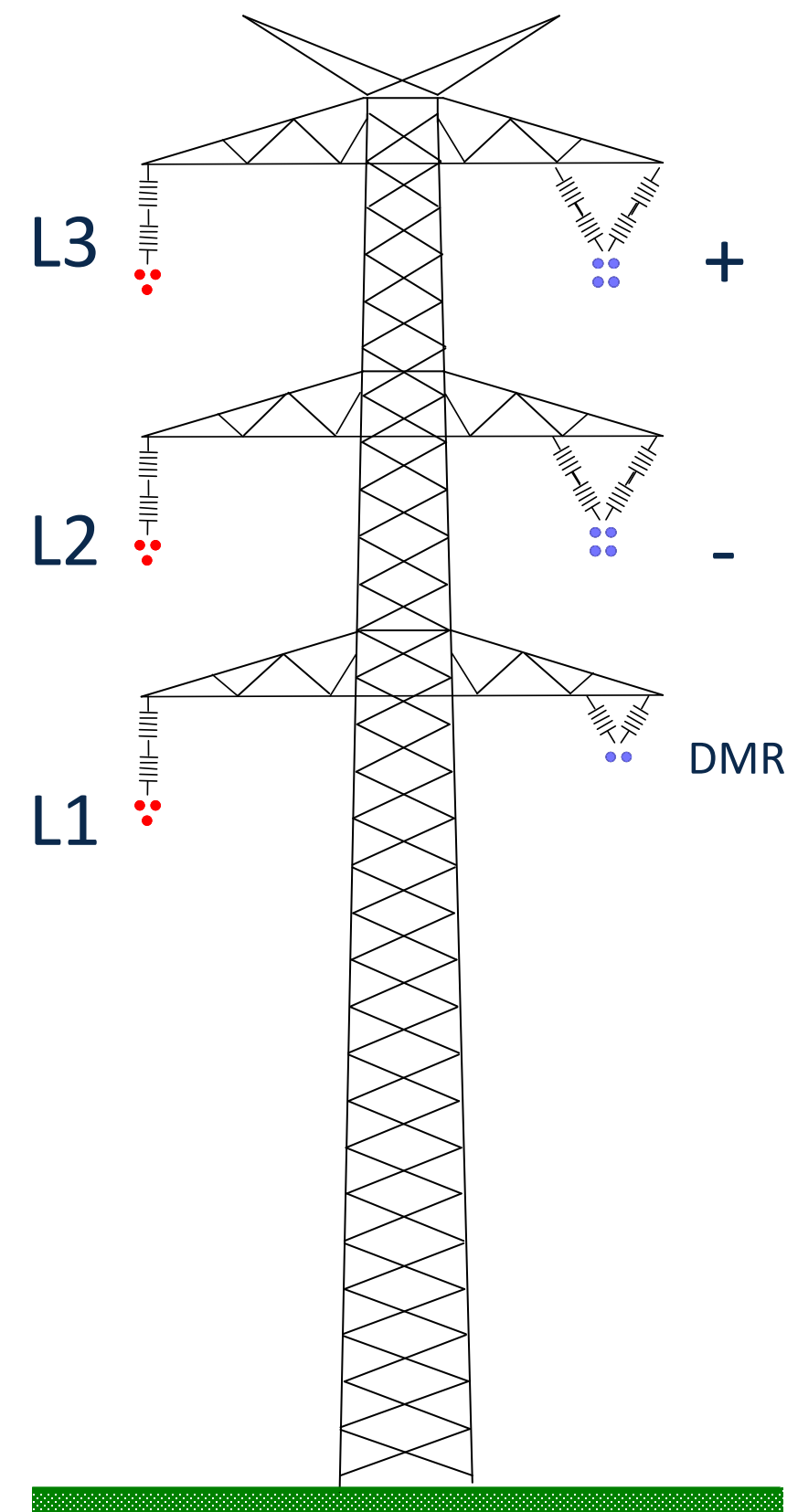


...i jeszcze bliżej

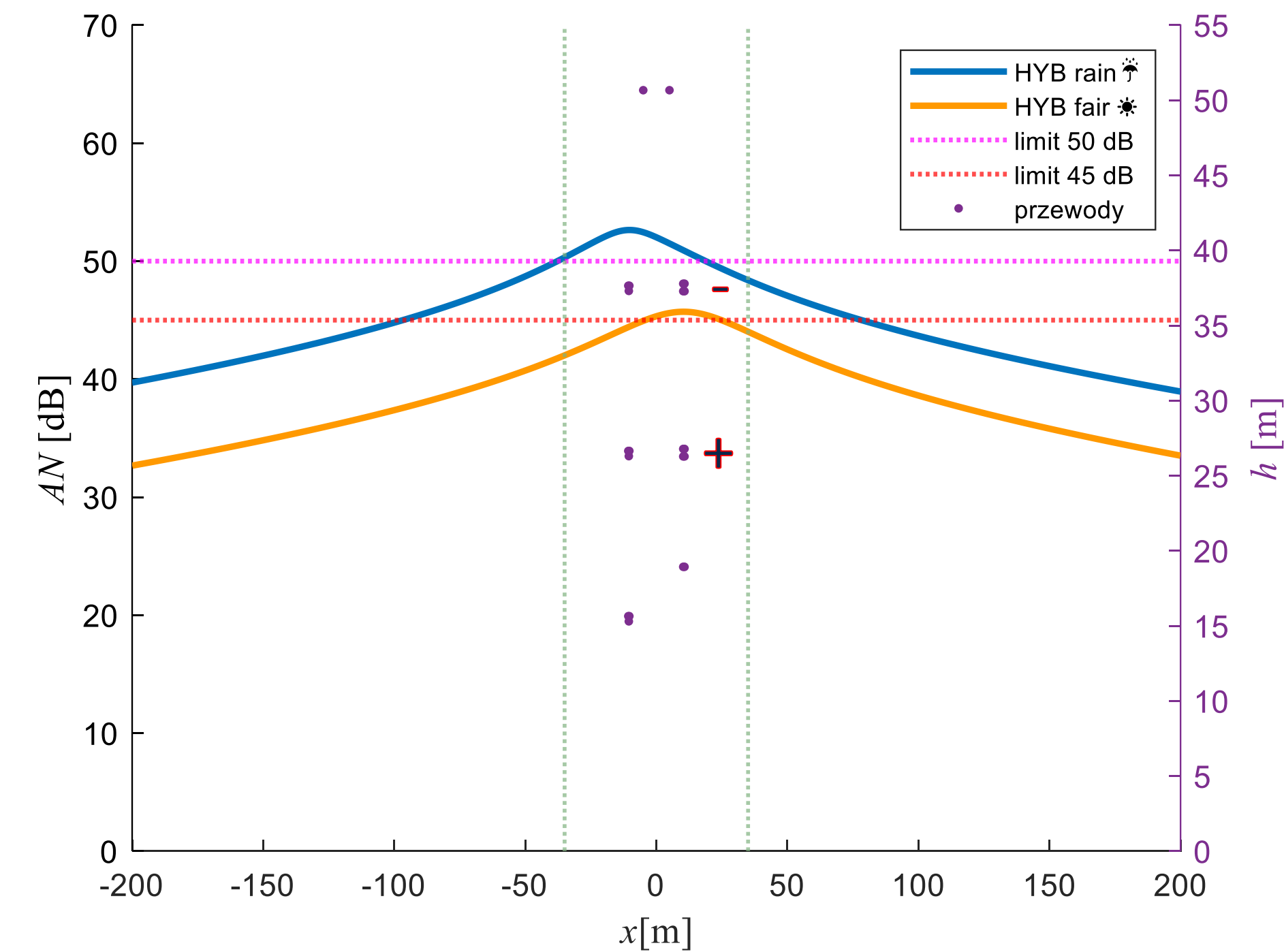


Metoda EPRI (The Electric Power Research Institute): *L5*

Metoda EPRI (*The Electric Power Research Institute*): **L50 (average)**

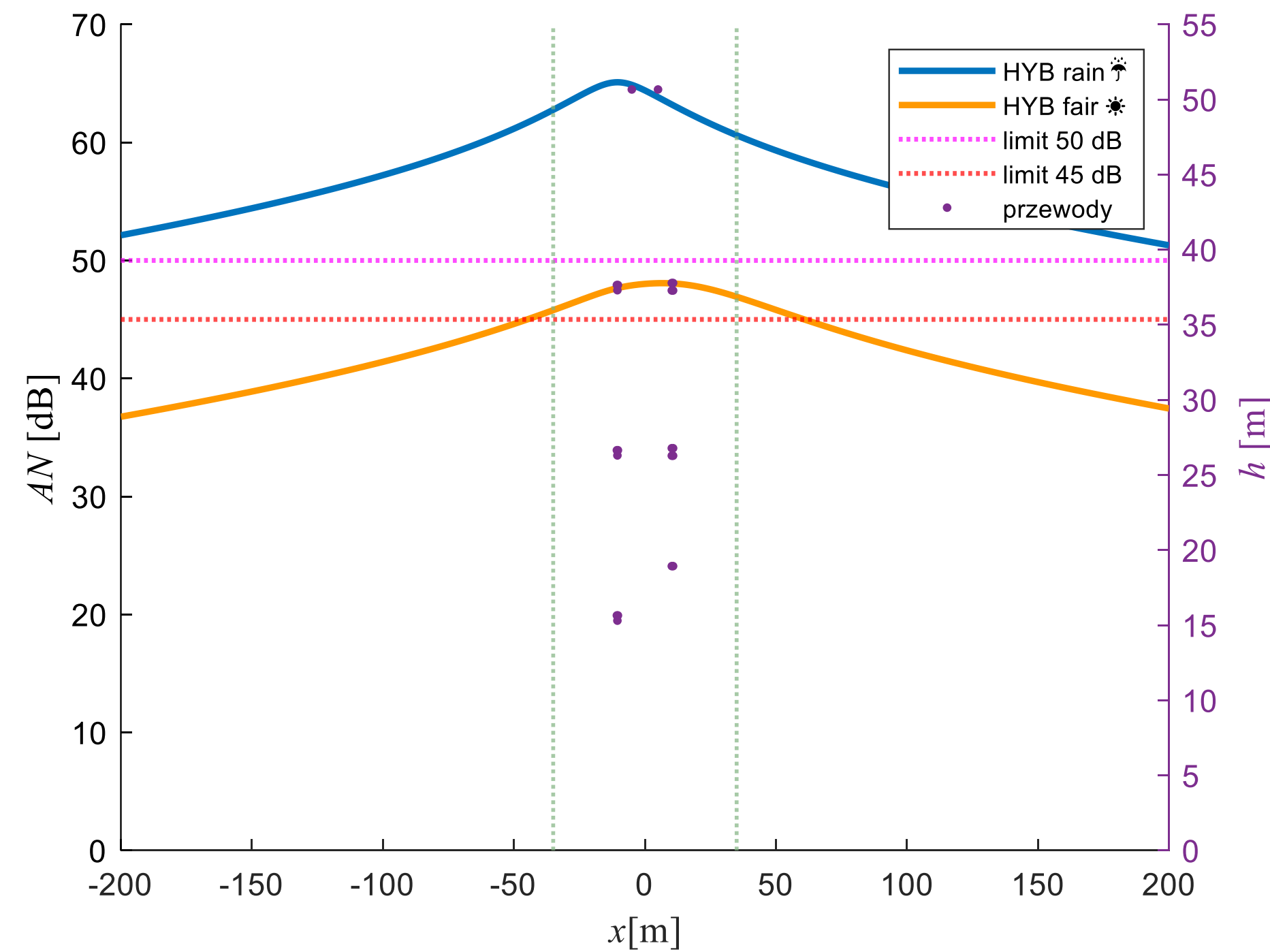
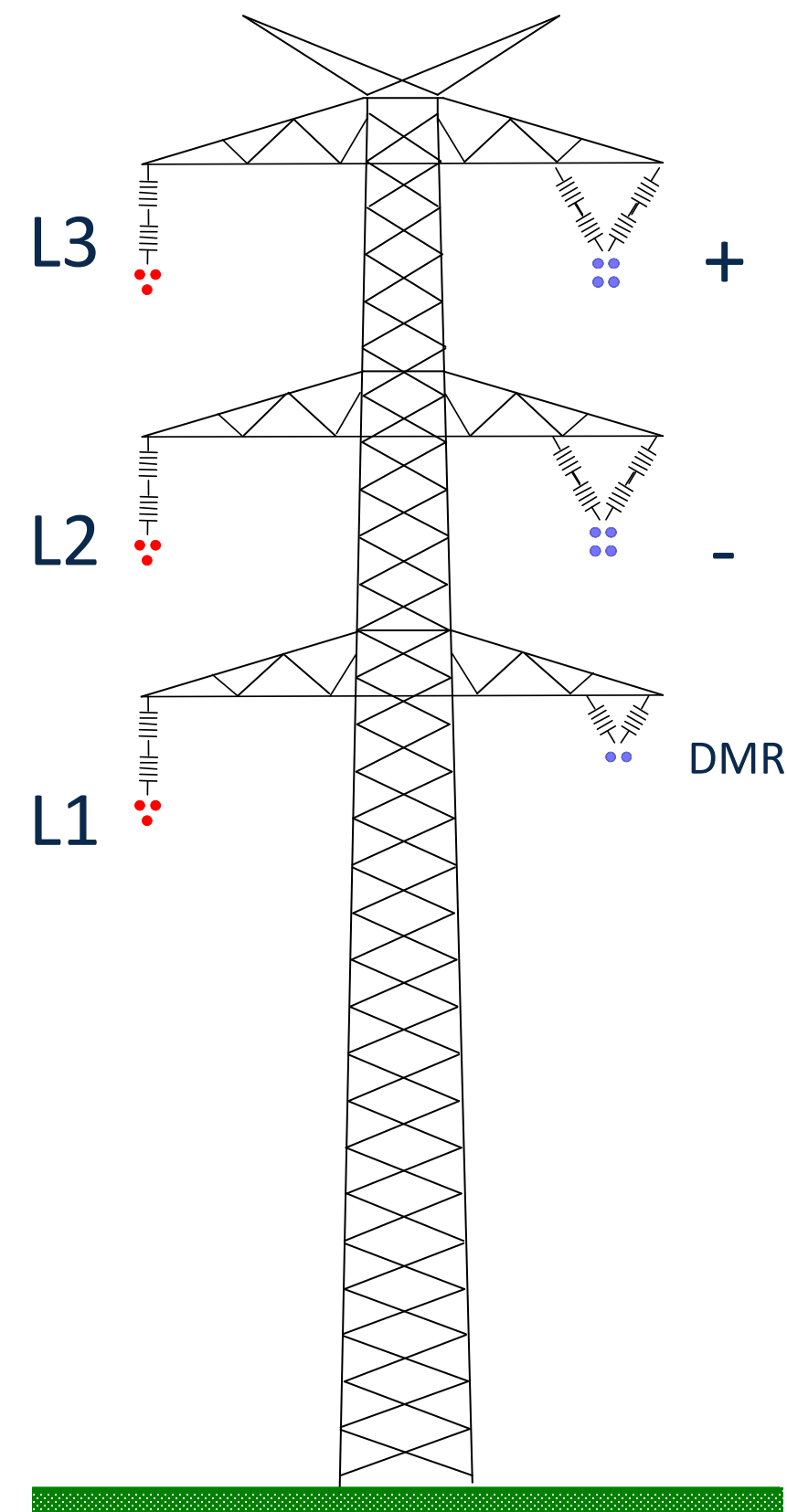


...gdyby zamienić biegunowości przewodów

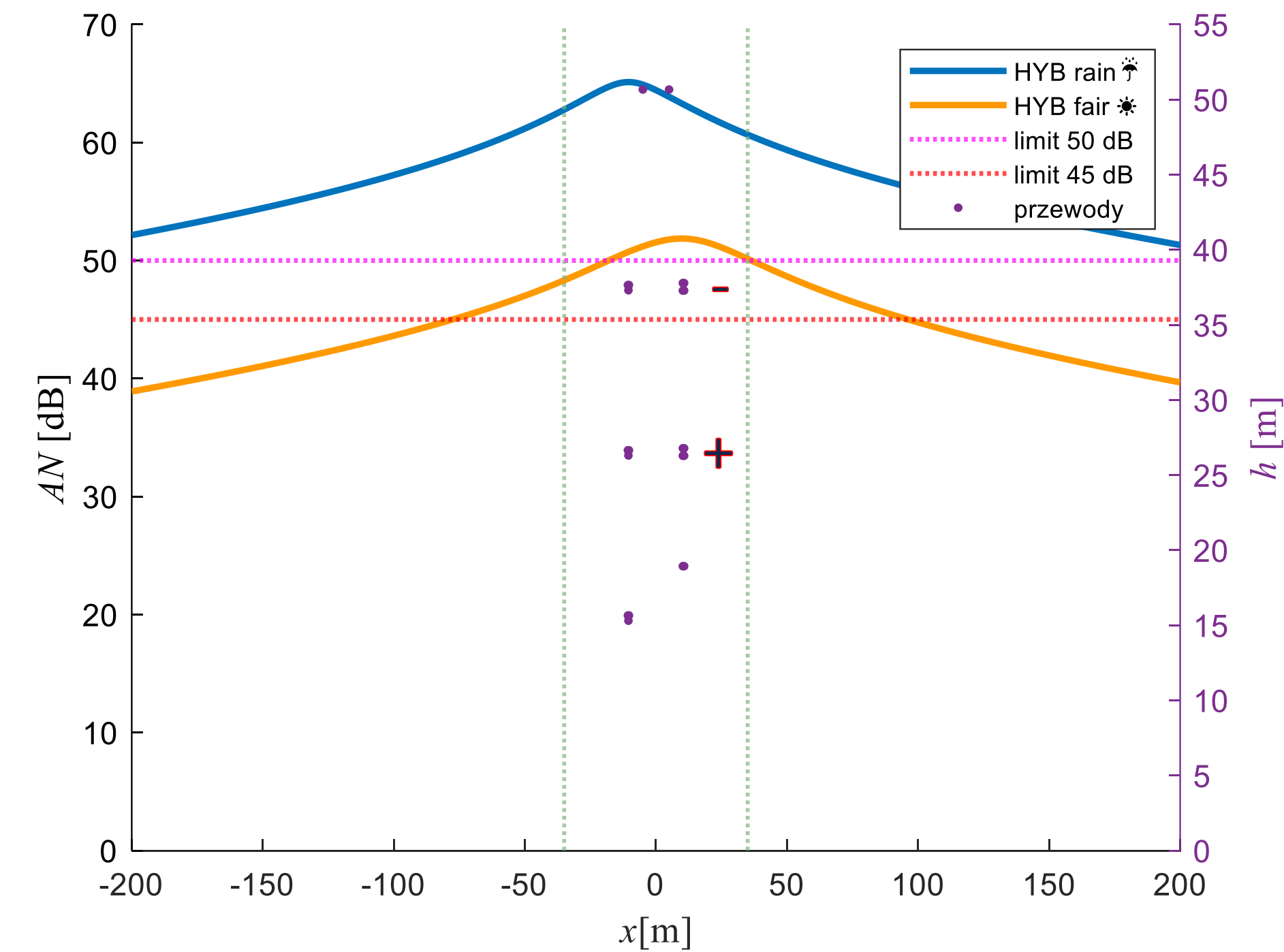


Hałas pod liniami napowietrznymi AC i DC

Metoda EPRI (The Electric Power Research Institute): **L5 (maximum)**



...gdyby zamienić biegunowości przewodów



Podsumowanie

- *Dziś*: wybrane elementy analiz dot. natężenia pola elektrycznego oraz hałasu słyszalnego w otoczeniu napowietrznych linii HVDC i linii hybrydowych
- Obecnie brak doświadczeń oraz wytycznych krajowych odnoszących się do zjawisk i skutków pracy linii napowietrznych HVDC i hybrydowych
- Istnieją sposoby, które umożliwiają kreowanie poziomu natężenia pola elektrycznego i hałasu, np. poziom generowanego przez LN hałasu zależy od:
 - natężenia pola na powierzchni przewodów,
 - odległości między przewodami w wiązce,
 - geometrii słupa tj. odległości pomiędzy poszczególnymi przewodami roboczymi

przy czym tego typu działania należy przewidzieć na etapie projektowania linii



- Przedstawione dziś wyniki analiz wykonano za pomocą metodyki zaimplementowanej w MATLAB
- Opracowane skrypty pozwalają na uniwersalne dobranie parametrów analizowanego układu (linie HVAC, HVDC i hybrydowe pojedyncze i prowadzone w swoim sąsiedztwie)
- „Narzędzie obliczeniowe” będzie sukcesywnie rozbudowywane wraz z rozszerzaniem tematyki i zakresu analiz

Dziękuję za uwagę



Seminarium KEiSU
10 czerwca 2026 r.



Dr inż. Agnieszka Dziendziel



E-mail
Agnieszka.Dziendziel@polsl.pl



Numer ORCID
0000 – 0002 – 0609 – 4736



Politechnika
Śląska



Katedra Elektroenergetyki
i Sterowania Układów

