

5.3.7 Oddziaływanie radiacyjne

Główne rodzaje emisji radiacyjnych Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej do atmosfery obejmują uwolnienia gazów radioaktywnych z systemu wentylacji elektrowni. Wyniki badań próbek środowiskowych wskazują, że uwolnienia i zrzuty substancji radioaktywnych z Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej w trakcie całej eksploatacji nie miały zauważalnego wpływu na sytuację radiacyjną w jej otoczeniu w porównaniu do globalnego opadu radioaktywnego.

Przez cały okres eksploatacji elektrowni wartości dawek promieniowania mierzonych w stacjach monitoringu nie wykazują zależności od odległości od Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej i wynikają z naturalnego tła oraz globalnego opadu radionuklidów.

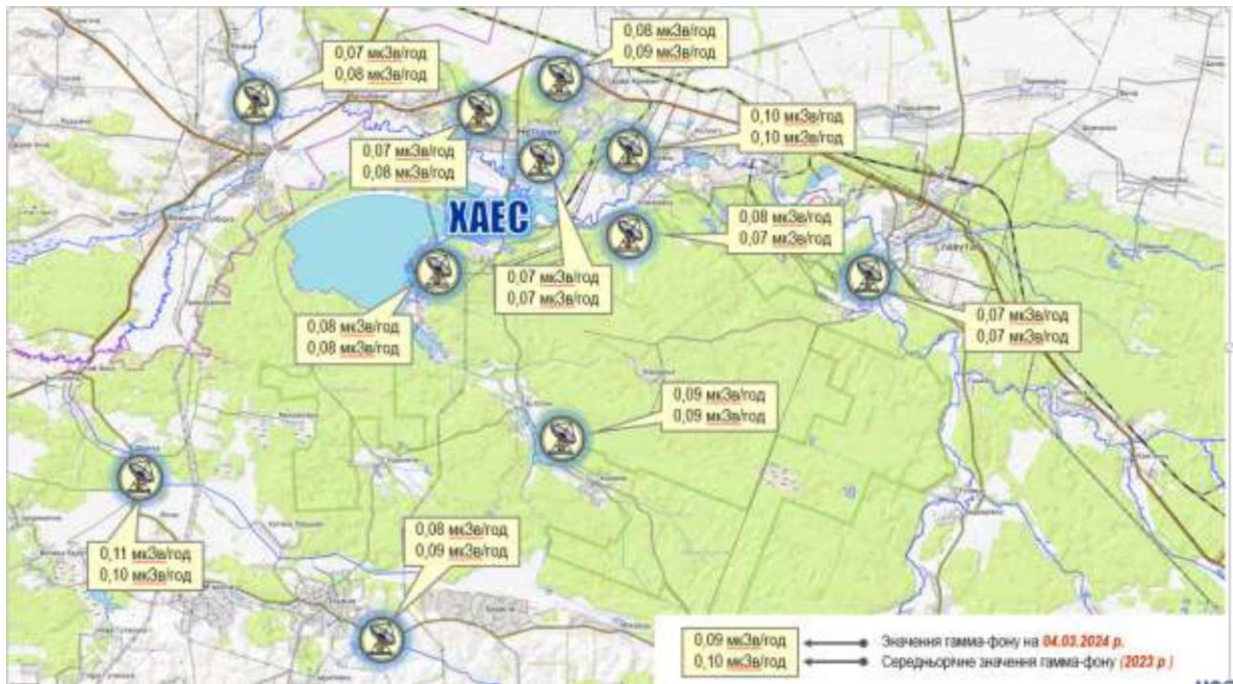
Zmiany promieniowania tła na terenie nadzorowanym są spowodowane uwolnieniem radionuklidów technogennych w wyniku awarii w Czarnobylu, globalnym opadem promieniotwórczym oraz wahaniami promieniowania tła. Na podstawie obliczeń można stwierdzić, że uruchomienie bloków 5 i 6 nie doprowadzi do znaczących zmian sytuacji radiacyjnej zarówno na terenie przemysłowym Elektrowni, jak i w strefie ochrony sanitarnej i na terenie nadzorowanym.

W ramach badań związanych z budową bloków 3 i 4 przeprowadzono prace eksperymentalne polegające na pobieraniu próbek gleby oraz pomiarach radionuklidów emitujących promieniowanie gamma w celu uzyskania danych dotyczących skażenia terenu. Takie badania dla bloków 3 i 4 można również wykorzystać do oceny budowy bloków AP1000 5&6 ze względu na brak znaczącego wpływu antropogenicznego.

Długoterminowe obserwacje prowadzone przez zewnętrzne laboratorium dozymetryczne Elektrowni dowodzą, że nie ma znaczącego wpływu na strefę ochrony sanitarnej i teren nadzorowany.

Na rysunku 5.4 przedstawiono wyniki monitorowania tła gamma w strefie ochrony sanitarnej oraz na terenie nadzorowanym Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej, opracowane na podstawie danych ze stacji ARSMS.

Zgodnie z dostępnymi wynikami pomiarów poziomy ekspozycji na promieniowanie na terenie Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej są spójne z wymaganiami i nie przekraczają zerowych wartości tła wskazanych w [48].



Rysunek 5.4 _ Pomiar tła gamma w strefie ochrony sanitarnej oraz na terenie nadzorowanym Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej na podstawie danych ze stacji ARSMS

5.3.7.1 Analiza porównawcza oddziaływania planowanych uwolnień substancji radioaktywnych w trakcie pracy reaktorów AP1000 oraz uwolnień z istniejących bloków WWER w Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej.

W tabeli 5.17 zaprezentowano wyniki pomiarów emisji gazów i aerozoli z Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej w okresie 8 lat, od 2016 do 2023 r., na podstawie danych zawartych w [49].

Tabela 5.17 _ Wyniki pomiarów emisji gazów i aerozoli z Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej w okresie 8 lat, od 2016 do 2023 r., (Bq/rok)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
RIG	1,57E+13	1,24E+13	1,22E+13	1,37E+13	1,15E+13	1,24E+13	1,12E+13	1,05E+13
Radiojod	1,91E+07	1,10E+07	1,07E+07	1,24E+07	1,21E+07	1,65E+07	1,60E+07	1,31E+07
³ H*	5,48E+11	3,19E+11	3,07E+11	3,30E+11	5,26E+11	6,35E+11	4,38E+11	2,10E+12
⁵¹ Cr	1,27E+06	1,16E+06	1,40E+06	1,12E+06	1,47E+06	1,28E+06	1,85E+06	1,86E+06
⁵⁴ Mn	1,95E+05	1,57E+05	1,40E+05	2,26E+05	1,84E+05	1,66E+05	2,32E+05	2,07E+05
⁵⁹ Fe	3,16E+05	2,96E+05	2,88E+05	2,43E+05	3,31E+05	2,92E+05	3,94E+05	3,87E+05
⁵⁸ Co	4,78E+05	1,54E+05	1,44E+05	1,60E+05	3,04E+05	1,55E+05	2,62E+05	2,20E+05
⁶⁰ Co	2,00E+06	1,87E+05	4,23E+05	6,10E+05	1,20E+06	1,70E+05	2,54E+05	2,35E+05
⁹⁵ Zr	2,79E+05	2,73E+05	2,44E+05	2,07E+05	3,08E+05	2,70E+05	3,55E+05	3,65E+05
⁹⁵ Nb	2,39E+05	4,64E+05	1,72E+05	1,95E+05	2,62E+05	1,70E+05	2,72E+05	2,68E+05
^{110m} Ag	1,51E+06	7,15E+06	2,36E+06	1,10E+06	3,98E+05	9,53E+05	4,60E+05	1,19E+06
¹³⁴ Cs	7,67E+05	1,46E+05	1,60E+05	1,43E+05	1,81E+05	1,61E+05	2,23E+05	2,32E+05
¹³⁷ Cs	1,66E+06	1,60E+06	5,22E+05	2,20E+05	2,19E+05	2,47E+05	4,38E+05	4,38E+05
⁸⁹ Sr	1,20E+05	2,15E+04	8,40E+04	6,57E+04	1,96E+04	1,46E+03	1,20E+04	1,30E+04
⁹⁰ Sr	2,66E+05	1,98E+05	2,34E+05	2,46E+05	1,22E+05	5,69E+04	8,58E+04	1,05E+05

Zgodnie z informacjami [50] uwalnianie gazów szlachetnych z bloku AP1000 podczas normalnej pracy i przewidywane zdarzenia operacyjne przedstawiono w tabeli 5.18.

Tabela 5.18 _ Uwolnienia gazów szlachetnych podczas normalnej pracy i przewidywane zdarzenia operacyjne

Nuklid	Aktywność uwolnienia (Bq/rok) gazów lotnych (Uwaga)					
	System odprowadzania odlotowych	Obudowa bezpieczeństwa	Budynek pomocniczy	Budynki turbiny	System usuwania powietrza ze skraplacza	Całkowity poziom uwalniania
Kr-85m	4,60E+11	1,40E+11	1,60E+13	8,50E+08	7,80E+12	2,40E+13
Kr-85	3,00E+15	1,10E+13	5,20E+13	2,90E+09	2,60E+13	3,10E+15
Kr-87	nieistotny	4,40E+10	1,70E+13	2,60E+08	2,20E+12	1,90E+13
Kr-88	6,70E+09	1,00E+11	1,80E+13	9,60E+08	8,50E+12	2,70E+13
Xe-131m	1,10E+15	3,10E+13	1,80E+14	9,30E+09	8,10E+13	1,40E+15
Xe-133m	3,60E+10	6,70E+12	7,40E+13	4,10E+09	3,50E+13	1,10E+14
Xe-133	2,40E+14	8,90E+13	6,30E+14	3,30E+10	2,90E+14	1,30E+15
Xe-135m	nieistotny	6,70E+10	1,30E+14	7,00E+09	5,90E+13	1,90E+14
Xe-135	nieistotny	3,10E+12	1,70E+14	2,90E+10	2,60E+14	4,40E+14
Xe-137	nieistotny	nieistotny	3,40E+13	1,80E+09	1,60E+13	4,80E+13
Xe-138	nieistotny	2,90E+10	5,90E+13	3,30E+09	2,90E+13	8,90E+13
Łączne emisje gazów szlachetnych						6.70E+12

Uwaga: Wartości mniejsze niż 3,7E-5 GBq/rok uznaje się za nieistotne.

Na podstawie porównania wartości całkowitego przewidywanego uwalniania z bloku AP1000 z rzeczywistym uwalnianiem RIG z bloków Chmielniczej Elektrowni Jądrowej można zauważyć, że przewidywana wartość uwalniania RIG dla bloku AP1000 jest znacznie niższa.

Przewidywane wartości uwalniania radionuklidów w formie gazów i aerozoli dla bloku AP1000 przedstawiono w tabeli 5.19.

Tabela 5.19 Uwolnienia gazowe i aerozolowe z elektrowni AP1000 podczas normalnej eksploatacji i przewidywane zdarzenia operacyjne

Nuklid	Poziom uwalniania (Bq/rok) gazów lotnych (Uwaga)				
	System odprowadzania odlotowych	Obudowa bezpieczeństwa	Budynek pomocniczy	Strefa obsługi paliwa	Całkowity poziom uwalniania
Cr-51	nieistotny	nieistotny	1,20E+05	6,70E+04	2,30E+05
Mn-54	nieistotny	nieistotny	nieistotny	1,10E+05	1,60E+05
Co-57	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Co-58	nieistotny	9,30E+04	7,00E+05	7,80E+06	8,50E+06

Co-60	nieistotny	nieistotny	1,90E+05	3,00E+06	3,20E+06
Fe-59	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Sr-89	nieistotny	4,80E+04	2,80E+05	7,80E+05	1,10E+06
Sr-90	nieistotny	nieistotny	1,10E+05	3,00E+05	4,40E+05

Nuklid	Poziom uwalniania (Bq/rok) gazów lotnych (Uwaga)				
	System odprowadzania odlotowych	Obudowa bezpieczeństwa	Budynek pomocniczy	Strefa obsługi paliwa	Całkowity poziom uwalniania
Zr-95	nieistotny	nieistotny	3,70E+05	nieistotny	3,70E+05
Nb-95	nieistotny	nieistotny	nieistotny	8,90E+05	9,30E+05
Ru-103	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Ru-106	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Sb-125	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Cs-134	nieistotny	nieistotny	2,00E+05	6,30E+05	8,50E+05
Cs-136	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Cs-137	nieistotny	nieistotny	2,70E+05	1,00E+06	1,30E+06
Ba-140	nieistotny	nieistotny	1,50E+05	nieistotny	1,60E+05
Ce-141	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Całkowite uwolnienie radionuklidów					1,70E+07

Uwaga: Wartości mniejsze niż 3,7E-5 GBq/rok uznaje się za nieistotne.

Co więcej, aby szczegółowo przedstawić informacje dotyczące stanu radiacyjnego terenu, na którym mają być zlokalizowane bloki AP1000, w tabelach 5.20–5.22 poniżej zaprezentowano dane pomiarowe ze stacji ARSMS oraz pomiary laboratoryjne Chmielniczej Elektrowni Jądrowej. Stacja monitorująca (stacja monitorująca skażenie-4) znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie planowanej lokalizacji bloku AP1000. Częstotliwość pobierania próbek określono w [51]. Należy zauważyć, że wartość aktywności radionuklidów, która znajduje się na granicy dolnego zakresu pomiarowego jest podana w odniesieniu do 1 1/2 minimalnej zmierzonej aktywności.

Tabela 5.20: Substancje promieniotwórcze unoszące się w powietrzu na stacji monitoringu skażenia-4 za okres 8 lat, mikroBq/m³

Okres pobierania próbek	Cs-137	Cs-134	Co-60	I-131	Ag-110 m	Sr-90
3 kw. 2016	1,56E+00	1,95E-02*	2,50E-02*	2,50E-02*	-	1,70E-01
4 kw. 2016	6,13E-01	1,21E-02*	1,57E-02*	3,06E-02*	-	4,70E-01
1 kw. 2017	1,24E+00	1,31E-02*	1,88E-02*	3,22E-02*	-	2,20E-01
2 kw. 2017	8,03E-01	1,30E-02*	1,53E-02*	3,72E-02*	-	6,70E-01
3 kw. 2017	3,01E+00	7,42E-03*	7,42E-03*	1,64E-02*	-	2,45E-01
4 kw. 2017	2,03E+00	1,26E-02*	1,39E-02*	1,92E-02*	-	3,19E-01
1 kw. 2018	1,46E+00	3,79E-03*	5,30E-03*	9,46E-03*	-	1,76E-01
2 kw. 2018	4,17E+00	3,06E-02*	3,35E-02*	7,72E-02*	-	3,44E-01
3 kw. 2018	7,69E-01	1,38E-02*	1,81E-02*	4,23E-02*	-	5,15E-01
4 kw. 2018	1,18E-00	6,26E-03*	1,02E-02*	1,22E-02*	-	4,09E-01
1 kw. 2019	7,16E-01	6,41E-03*	8,01E-03*	1,47E-02*	-	1,49E-01

2 kw. 2019	6,38E-01	2,41E-02*	4,36E-02*	5,28E-02*	-	1,58E-01
3 kw. 2019	3,82E-01	1,36E-02*	1,58E-02*	2,98E-02*	-	3,85E-01
4 kw. 2019	3,48E-01	8,54E-03*	9,49E-03*	2,15E-02*	-	3,62E-01
1 kw. 2020	3,87E-01	5,17E-03*	5,72E-03*	1,25E-02*	-	3,12E-02
2 kw. 2020	1,63E+00	1,27E-02*	1,40E-02*	2,73E-02*	-	9,16E-02
3 kw. 2020	3,13E-01	8,20E-03*	9,76E-03*	2,16E-02*	-	2,34E-02
4 kw. 2020	3,49E-01	2,15E-02*	3,19E-02*	4,41E-02*	-	4,89E-02
1 kw. 2021	6,40E-01	2,01E-02*	2,99E-02*	4,50E-02*	2,18E-02*	5,57E-02

Okres pobierania próbek	Cs-137	Cs-134	Co-60	I-131	Ag-110 m	Sr-90
2 kw. 2021	2,03E+00	2,87E-02*	4,17E-02*	8,25E-02*	3,17E-02*	4,93E-02
3 kw. 2021	3,46E-01	1,30E-02*	6,06E-02*	4,06E-02*	2,84E-02*	5,36E-02
4 kw. 2021	6,12E-01	4,10E-02*	2,42E-01*	7,51E-02*	5,53E-02*	7,12E-02
1 kw. 2022	7,23E-01	3,43E-02*	4,02E-02*	7,06E-02*	4,37E-02*	7,55E-02
2 kw. 2022	6,82E-01	4,86E-02*	5,48E-02*	1,14E-01*	5,98E-02*	1,26E-01
3 kw. 2022	8,28E-01	1,08E-02*	1,08E-02*	2,59E-02*	9,81E-03*	5,61E-02
4 kw. 2022	6,19E-01	1,45E-02*	1,83E-02*	3,54E-02*	1,32E-01*	1,40E-01
1 kw. 2023	6,26E-01	8,52E-03*	1,03E-02*	2,37E-02*	9,43E-03*	8,06E-02
2 kw. 2023	1,67E+00	7,25E-03*	7,57E-03*	2,33E-02*	7,88E-03*	1,38E-01
3 kw. 2023	7,51E-01	8,01E-02*	7,92E-02*	1,64E-01*	3,31E-01	4,51E-02
4 kw. 2023	4,30E-01	2,02E-02*	6,06E-02*	3,82E-02*	1,05E-01	9,95E-02

Tabela 5.21 Wartości pochłoniętej dawki promieniowania gamma (mSv)-w latach 2016–2023

Stacja monitorująca	2016 1 kw.	2016 2 kw.	2016 3 kw.	2016 4 kw.
Lokalizacja-4	0,21	0,19	0,19	0,16
	2017 1 kw.	2017 2 kw.	2017 3 kw.	2017 4 kw.
	0,18	0,21	0,20	0,21
	2018 1 kw.	2018 2 kw.	2018 3 kw.	2018 4 kw.
	0,18	0,19	0,21	0,23
	2019 1 kw.	2019 2 kw.	2019 3 kw.	2019 4 kw.
	0,23	0,23	0,24	0,19
	2020 1 kw.	2020 2 kw.	2020 3 kw.	2020 4 kw.
	0,22	0,24	0,22	0,26
	2021 1 kw.	2021 2 kw.	2021 3 kw.	2021 4 kw.
	0,21	0,23	0,22	0,25
	2022 1 kw.	2022 2 kw.	2022 3 kw.	2022 4 kw.
	0,25	0,24	0,23	0,23
	2023 1 kw.	2023 2 kw.	2023 3 kw.	2023 4 kw.
	0,22	0,23	0,24	0,23

Tabela 5.22: _Dawka ekspozycyjna (EDR) na stacji monitoringu skażenia-4 (CMS-4) za okres 8 lat, $\mu\text{Sv/h}$

Rok	Miesiąc	Minimalny EDR na CMS-4, $\mu\text{Sv/h}^4$, $\mu\text{Sv/h}$	Maksymalne EDR na CMS-4, $\mu\text{Sv/h}^4$, $\mu\text{Sv/h}$	Średnie EDR na CMS-4, $\mu\text{Sv/h}^4$, $\mu\text{Sv/h}$
-----	---------	---	--	---

2016	1	0,09	0,13	0,1
2016	2	0,09	0,13	0,11
2016	3	0,09	0,14	0,11
2016	4	0,09	0,14	0,11
2016	5	0,09	0,15	0,11
2016	6	0,09	0,14	0,11
2016	7	0,09	0,15	0,11
2016	8	0,09	0,14	0,11
2016	9	0,09	0,13	0,11
2016	10	0,09	0,15	0,11

Rok	Miesiąc	Minimalny EDR na CMS-4, $\mu\text{Sv}/\text{h}^4$, $\mu\text{Sv}/\text{h}$	Maksymalne EDR na CMS-4, $\mu\text{Sv}/\text{h}^4$, $\mu\text{Sv}/\text{h}$	Średnie EDR na CMS-4, $\mu\text{Sv}/\text{h}^4$, $\mu\text{Sv}/\text{h}$
2016	11	0,08	0,14	0,1
2016	12	0,09	0,13	0,1
2017	1	0,09	0,12	0,1
2017	2	0,08	0,12	0,1
2017	3	0,09	0,12	0,11
2017	4	0,09	0,13	0,11
2017	5	0,09	0,14	0,11
2017	6	0,09	0,16	0,11
2017	7	0,09	0,13	0,11
2017	8	0,09	0,13	0,11
2017	9	0,09	0,17	0,11
2017	10	0,09	0,16	0,11
2017	11	0,09	0,13	0,11
2017	12	0,09	0,13	0,11
2018	1	0,09	0,14	0,11
2018	2	0,09	0,13	0,1
2018	3	0,09	0,13	0,1
2018	4	0,09	0,13	0,11
2018	5	0,09	0,14	0,11
2018	6	0,1	0,16	0,11
2018	7	0,09	0,16	0,11
2018	8	0,09	0,18	0,11
2018	9	0,09	0,13	0,11
2018	10	0,09	0,18	0,11
2018	11	0,09	0,14	0,11
2018	12	0,09	0,13	0,11
2019	1	0,09	0,12	0,1
2019	2	0,09	0,12	0,1
2019	3	0,09	0,13	0,11
2019	4	0,09	0,15	0,11
2019	5	0,09	0,14	0,11
2019	6	0,09	0,15	0,11
2019	7	0,1	0,13	0,11
2019	8	0,09	0,15	0,11
2019	9	0,09	0,18	0,11
2019	10	0,09	0,13	0,11
2019	11	0,1	0,13	0,11

2019	12	0,09	0,13	0,11
2020	1	0,09	0,16	0,11
2020	2	0,09	0,13	0,11
2020	3	0,09	0,12	0,1
2020	4	0,09	0,14	0,11
2020	5	0,09	0,13	0,11
2020	6	0,09	0,15	0,11
2020	7	0,09	0,15	0,1
2020	8	0,09	0,14	0,11
2020	9	0,09	0,16	0,11

Rok	Miesiąc	Minimalny EDR na CMS-4, $\mu\text{Sv}/\text{h}^4$, $\mu\text{Sv}/\text{h}$	Maksymalne EDR na CMS-4, $\mu\text{Sv}/\text{h}^4$, $\mu\text{Sv}/\text{h}$	Średnie EDR na CMS-4, $\mu\text{Sv}/\text{h}^4$, $\mu\text{Sv}/\text{h}$
2020	10	0,09	0,18	0,11
2020	11	0,09	0,14	0,1
2020	12	0,09	0,15	0,11
2021	1	0,09	0,13	0,11
2021	2	0,08	0,12	0,1
2021	3	0,09	0,12	0,1
2021	4	0,09	0,12	0,11
2021	5	0,1	0,13	0,11
2021	6	0,09	0,13	0,11
2021	7	0,09	0,17	0,11
2021	8	0,09	0,14	0,11
2021	9	0,09	0,18	0,11
2021	10	0,09	0,12	0,1
2021	11	0,09	0,15	0,11
2021	12	0,09	0,15	0,11
2022	1	0,09	0,13	0,1
2022	2	0,09	0,12	0,1
2022	3	0,09	0,13	0,11
2022	4	0,1	0,14	0,11
2022	5	0,09	0,13	0,11
2022	6	0,09	0,14	0,11
2022	7	0,09	0,14	0,11
2022	8	0,09	0,16	0,11
2022	9	0,09	0,16	0,11
2022	10	0,09	0,12	0,11
2022	11	0,09	0,13	0,11
2022	12	0,09	0,15	0,11
2023	1	0,09	0,13	0,11
2023	2	0,09	0,13	0,1
2023	3	0,05	0,17	0,08
2023	4	0,05	0,15	0,08
2023	5	0,05	0,12	0,08
2023	6	0,05	0,15	0,08
2023	7	0,05	0,14	0,08
2023	8	0,04	0,19	0,08
2023	9	0,05	0,11	0,08
2023	10	0,04	0,17	0,08
2023	11	0,05	0,13	0,08
2023	12	0,05	0,14	0,07

Na podstawie analizy statystycznych danych dotyczących uwolnień z istniejących bloków Chmielniczej Elektrowni Jądrowej oraz przewidywanych danych dotyczących eksploatacji bloków AP1000 można stwierdzić, że nie oczekuje się znaczącego wpływu na środowisko związanego z emisjami podczas budowy i dalszej eksploatacji bloków wykorzystujących technologię AP1000.

Ponadto dostępne dane umożliwiają zastosowanie wyników oceny wpływu radiacyjnego, przeprowadzonej dla bloków 3 i 4 Chmielniczej Elektrowni Jądrowej,

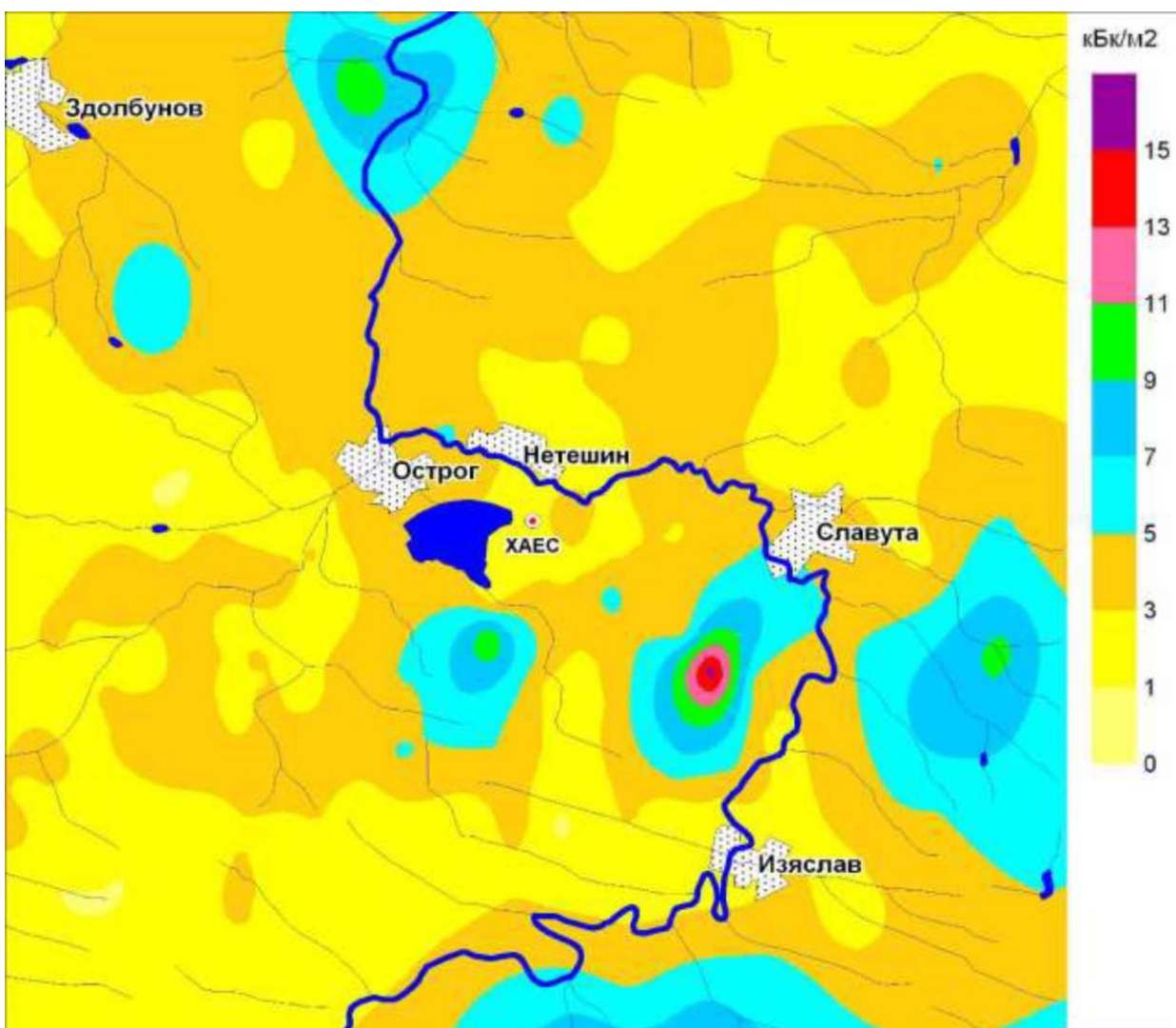
które są także blokami ciśnieniowymi chłodzonymi wodą lekką.

5.3.7.2 Przewidywany wpływ radiacyjny na zasoby gruntowe

Aby uzyskać dane dotyczące skażenia promieniotwórczego badanego obszaru podczas budowy bloków 3 i 4, przeprowadzono prace eksperymentalne polegające na pobieraniu próbek gleby i pomiarze radionuklidów emitujących promieniowanie gamma. Ze względu na brak istotnego wpływu antropogenicznego, co potwierdzają długoterminowe obserwacje i pomiary prowadzone w trakcie eksploatacji Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej, dane z tych badań mogą również zostać wykorzystane do oceny wpływu budowy i dalszej eksploatacji bloków 5 i 6 w technologii AP1000.

Pobieranie próbek gleby przeprowadzono w celu określenia gęstości skażenia na terenie Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej zgodnie ze standardową metodyką, z wykorzystaniem sondy rdzeniowej (głębokość próbkowania wynosiła 20 cm). W trakcie badań przeanalizowano około 100 próbek gleby.

Wyniki dotyczące zawartości ^{137}Cs w glebie w promieniu 30 km od Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej przedstawiono na rysunku 5.5.



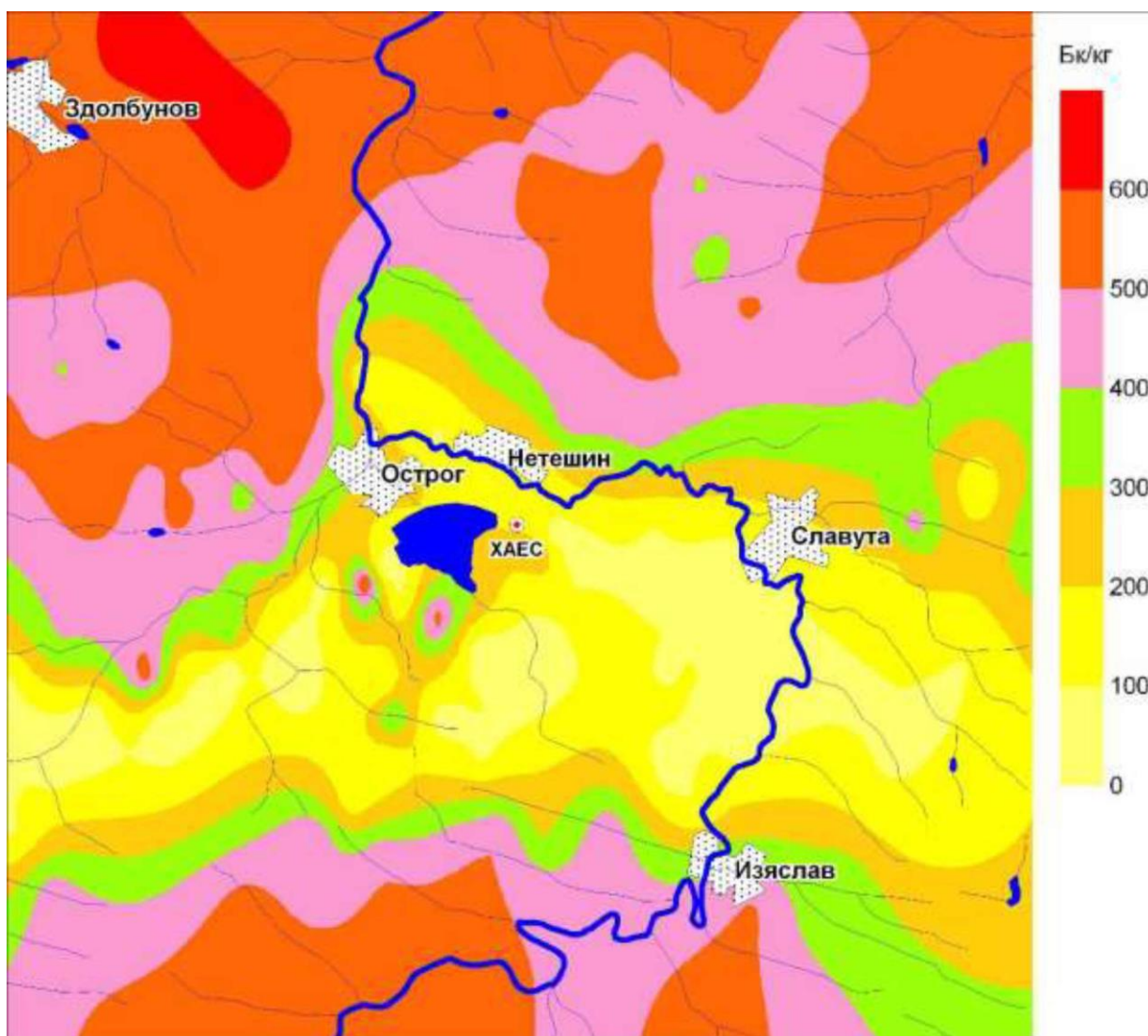
Rysunek 5.5: Gęstość skażenia ^{137}Cs w pobliżu Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej

Jest to radionuklid pochodzenia technogenego. Skażenie przedstawione na mapie stanowi superpozycję globalnego opadu promieniotwórczego, opadu po katastrofie w Czarnobylu oraz opadu spowodowanego emisjami aerozolowymi z bloków 1 i 2 Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej. Ostatnie źródło skażenia jest tak nieznaczne, że jego oddzielenie od całkowitego skażenia jest niemożliwe. Nie wykryto żadnych innych radionuklidów technogenych, co potwierdza działanie elektrowni jądrowej w normalnym trybie.

Na tej podstawie można stwierdzić, że badany teren został skażony ^{137}Cs w wyniku katastrofy w Czarnobylu z aktywnością w zakresie od 2 do 10 kBq/m². Gęstość całkowitego skażenia wynosi głównie od 1 do 5 kBq/m². Małe skażenie w rejonie wsi Chorowica jest oczywiście wynikiem katastrofy w Czarnobylu.

Przy takim poziomie skażenia ^{137}Cs nie ma żadnych ograniczeń dla rolnictwa.

Wyniki dotyczące zawartości ^{40}K w glebie przedstawiono na rysunku 5.6.

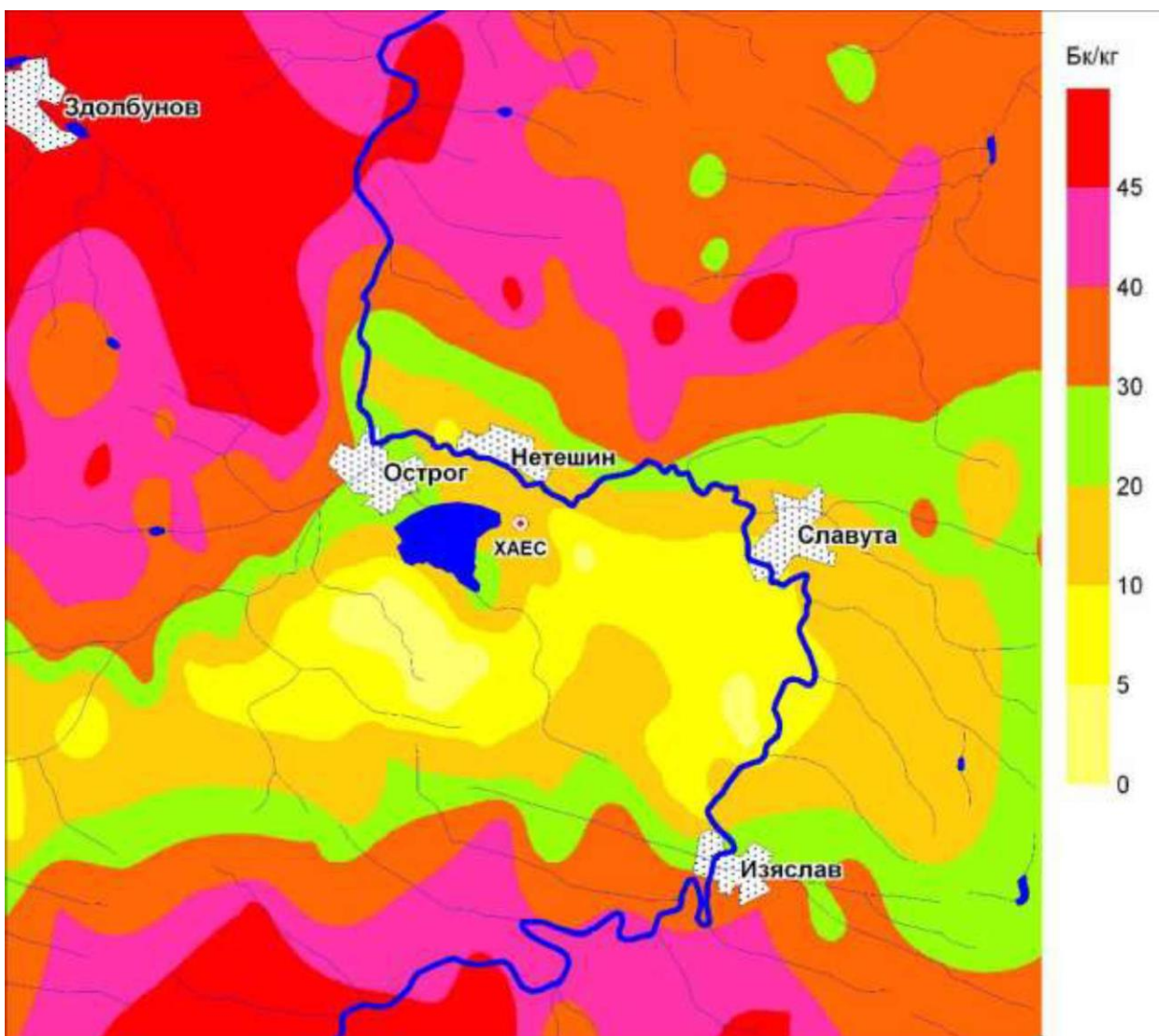


Rysunek 5.6: Specyficzna aktywność ^{137}Cs w glebie w pobliżu Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej (głębokość pobierania próbek – 2 m)

Ten radionuklid ma pochodzenie naturalne i jest jednym z głównych naturalnych radionuklidów występujących w glebach, roślinach i obiektach produkcji rolnej. Radioaktywność potasu w glebie zależy głównie od jego zawartości w skale macierzystej. Najwyższe stężenie obserwuje się w drobnoziarnistej frakcji gliniastej gleby. Wyniki wykazały, że aktywność właściwa radionuklidów w glebach na badanym obszarze waha się od 40 do 700 Bq/kg. Minimalne wartości są typowe dla gleb o lekkim składzie mechanicznym (darniowo-bielicowe piaski i glina piaszczysta). Wartość ^{40}K wzrasta wraz z cięższym składem mechanicznym gleby.

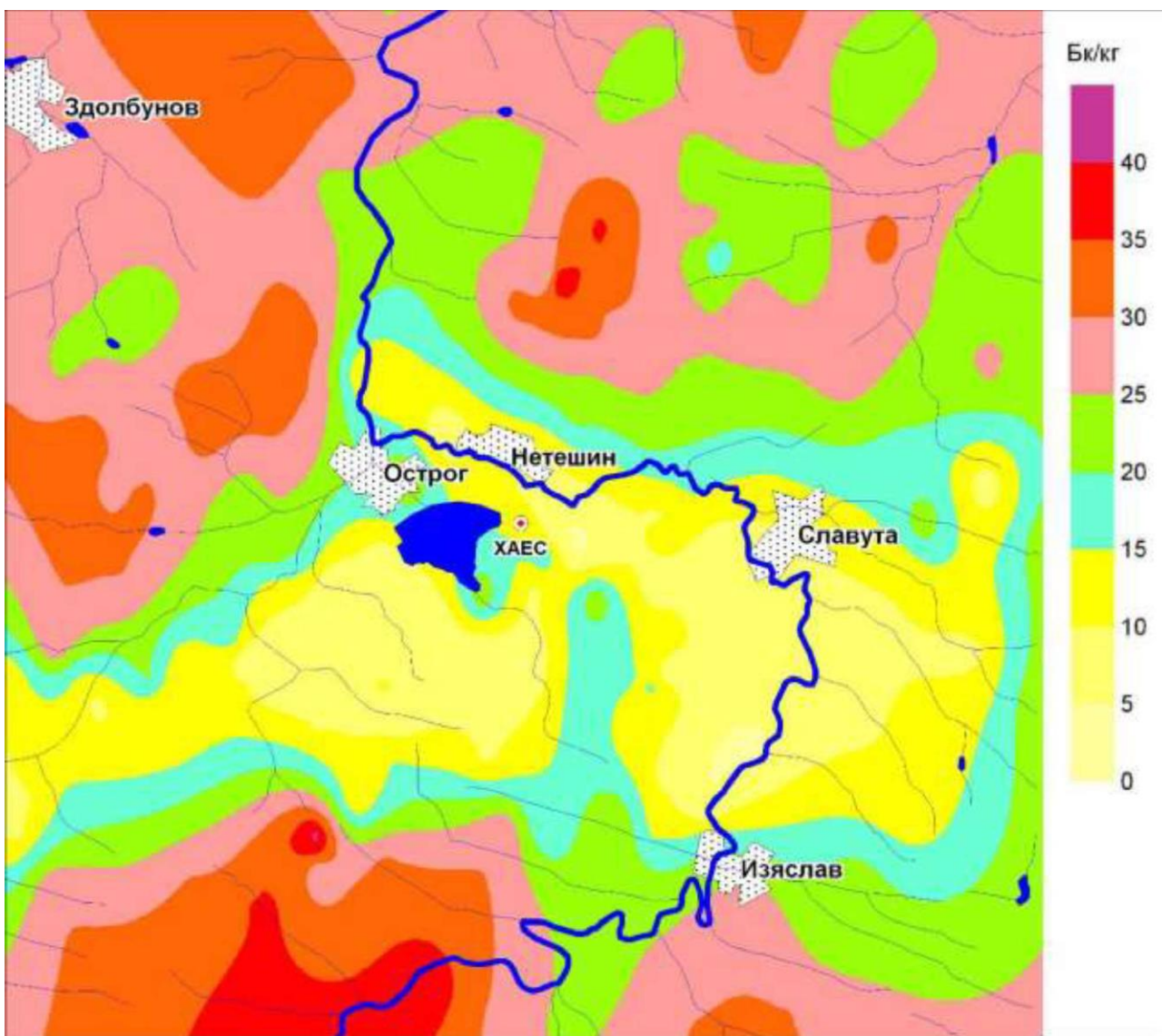
Wyniki dotyczące zawartości ^{232}Th i jego produktów rozpadu przedstawiono na rysunku 5.7. Aktywność właściwa tego radionuklidu na rozważanym terytorium waha się od 5 do 50 Bq/kg. Szeroki zakres zmian aktywności właściwej tłumaczy się dużym zróżnicowaniem pokrywy glebowej na badanym obszarze.

Podobnie jak w przypadku ^{40}K aktywność ^{232}Th w glebie zależy od skały macierzystej i wzrasta wraz z cięższym składem mechanicznym gleby.



Rysunek 5.7 Specyficzna aktywność ^{232}Th w glebach w pobliżu Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej (głębokość pobierania próbek – 2 m)

Rysunek 5.8 przedstawia zawartość ^{226}Ra , który jest pochodną ^{238}U , w glebach na obszarze badanym. Nuklid ten i jego pochodne radionuklidy (głównie ^{222}Rn) mają istotne znaczenie radiologiczne. Głównym źródłem tego radionuklidu w biosferze jest skorupa ziemska. Liczba Clarke'a w glebie wynosi około 30 Bq/kg. Zawartość tego radionuklidu w warstwie wierzchniej gleby na terenach przyległych do Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej waha się od 3 do 40 Bq/kg. Zatem sytuacja radiologiczna w rejonie Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej jest obecnie w głównej mierze uzależniona od występowania radionuklidów pochodzenia naturalnego.



Rysunek – Specific activity of Specyficzna aktywność ^{226}Ra w glebach w pobliżu

W wyniku mechanicznych oddziaływań związanych z jakąkolwiek budową pokrywa glebowa na wyznaczonym obszarze zostaje niemal całkowicie zniszczona. Obszar mechanicznego oddziaływania podczas budowy Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej jest jednak wyraźnie wyznaczony zgodnie z uzgodnionymi granicami.

Istotnym czynnikiem wpływającym na gleby jest technogeniczne skażenie pokrywy glebowej zanieczyszczeniami chemicznymi, w tym radionuklidami. Gleby, które stanowią złożony i otwarty układ dynamicznym, wykazują jednak pewną odporność na obciążenia technogeniczne – zdolność buforowania. Zdolność ta zależy od właściwości fizycznych i chemicznych gleb, ich składu mechanicznego, warunków użytkowania rolniczego itp.

Na podstawie wyżej wymienionych czynników można poczynić następujące obserwacje:

- Ze względu na różnorodność składu mechanicznego (od piasków do ciężkich glin), różne stopnie usuwalności, glejowość i podmokłość oraz różnorodność skał macierzystych pokrywa glebowa w promieniu 30 km jest zróżnicowana zarówno pod względem typów, jak i powierzchni. Gleby szaro-leśne i darniowo-bielicowe zajmują największe obszary niemal we wszystkich sektorach.

- Gleby automorficzne zajmują największe obszary w sektorach północno-wschodnim i północno-zachodnim, natomiast gleby hydromorficzne i półhydromorficzne występują na całym obszarze, ale zajmują największe powierzchnie w sektorach wschodnim (półhydromorficzne), południowo-wschodnim (półhydromorficzne i hydromorficzne) oraz południowo-zachodnim (hydromorficzne).

- Gleby bagienne i łąkowo-bagienne (hydromorficzne), które stanowią około 10% obszaru, są kluczowe pod względem mobilności migracji izotopów cezu. Natomiast w przypadku gleb automorficznych najbardziej krytyczne dla niektórych radionuklidów (np. ^{90}Sr) są gleby darniowo-bielicowe piaszczyste, które cechują się najmniejszą porowatością, zdolnością retencji wilgoci i maksymalną higroskopijnością (około 20% obszaru).

- Biorąc pod uwagę znikome dodatkowe skażenie środowiska radionuklidami podczas normalnej eksploatacji elektrowni (maksymalne wartości dla Cs^{137} - n 10^{-1} Bq/m^2), wprowadzanie specjalnych działań agrotechnicznych, zmian w strukturze użytkowania gruntów rolnych, przebudowy sektorów rolniczych czy zmian w technologicznej obróbce produktów nie jest uzasadnione.

- Przy uwzględnieniu powierzchni terenu w pobliżu elektrowni oraz barier orograficznych transgraniczny transfer radionuklidów w przypadku awarii będzie ograniczony.

- W ramach scenariuszy MDBA i BDBA oddziaływanie będzie regionalne, lecz właściwości fizyczne, chemiczne i wodno-fizyczne gleb pozostaną niezmiennione; zmianie ulegnie jedynie zawartość pierwiastków chemicznych.

- Wyniki analizy właściwości fizycznych i chemicznych gleb regionu zasadniczo wskazują, że mimo znacznej różnorodności pokrywy glebowej większość gleb wykazuje dużą odporność buforową na obciążenia technogenne. Budowa i eksploatacja Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej z 6 blokami nie doprowadzi do wyczerpania tej odporności. Krajobraz obszaru w pobliżu elektrowni stanowi niezawodną barierę

ograniczającą rozszerzanie się obszaru pierwotnego skażenia w wyniku migracji.

Wyniki długoterminowych obserwacji radionuklidów na terenie nadzorowanym w przypadku Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej potwierdzają buforowanie gleby i brak znaczącego wpływu promieniowania na glebę.

Tabela 5.23 poniżej zawiera dane dotyczące zanieczyszczenia gleby na terenie nadzorowanym w przypadku Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej w 2023 r.

Tabela 5.23 Zanieczyszczenie gleby na terenie nadzorowanym w przypadku Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej w 2023 r., kBq/m²

Radionuklid	OSO		OSO - 10 km		10 - 20 km		>20 km	
	Średnia wartość	Maksymalna wartość	Średnia wartość	Maksymalna wartość	Średnia wartość	Maksymalna wartość	Średnia wartość	Maksymalna wartość
Cs-137	6,92E-02	1,11E-01	7,20E-02	2,64E-01	8,27E-02	1,69E-01	1,60E-01	-
Cs-134	2,63E-03*	-	4,92E-03*	-	3,04E-03*	-	5,60E-03*	-
Co-60	2,67E-03*	-	3,11E-03*	-	3,22E-03*	-	5,62E-03*	-
I-131	3,09E-03*	-	5,56E-03*	-	3,41E-03*	-	6,47E-03*	-
Sr-90	2,36E-01	-	3,35E-01	3,44E-01	2,94E-01	3,02E-01	1,65E-01	-

Uwaga*: Oznaczono wartości odpowiadające połowie minimalnej zmierzonej aktywności.

Zgodnie z procedurą [51] zanieczyszczenie gleby określone jest raz w roku.

W 2023 roku oraz w całym okresie monitoringu nie zarejestrowano przypadków przekroczenia poziomów zawartości substancji promieniotwórczych w obiektach środowiskowych, ustalonych w dokumentach regulacyjnych. Aktywność objętościowa technogenego izotopu cezu-137 w powietrzu

nie przekroczyła wartości 4,35 μBq/m³, która jest ok. 180 tys. razy niższa od dopuszczalnej wartości cezu-137 w powietrzu dla ludności określonej w przepisach [22] – 0,8 Bq/m³. Objętościowa aktywność technogenego izotopu cezu-137 w wodzie nie przekraczała wartości 25,3 Bq/m³, która jest prawie 4 tysiące razy mniejsza niż dopuszczalna wartość cezu-137 w wodzie pitnej dla ludności ustalona w przepisach [22] – 100 000 Bq/m³. Zanieczyszczenie gleby cezem-137 w rejonie Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej nie przekraczało 264 Bq/m².

5.3.7.3 Wpływ na florę i faunę

Eksplatacja dwóch dodatkowych bloków AP1000, w tym ukończenie bloków 3 i 4, nie wpłynie na strukturę i dynamikę gatunków roślin w ogóle i nie spowoduje zmian w liczebności rzadkich gatunków roślin i gatunków wpisanych do Czerwonej Księgi. Sytuacja radiologiczna w rejonie Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej jest obecnie w głównej mierze uzależniona od występowania radionuklidów pochodzenia naturalnego. Gęstość skażenia terytorium ¹³⁷Cs wynosi od 3 do 7 kBq/m². Przy takim poziomie skażenia ¹³⁷Cs nie ma żadnego wpływu na florę, a użytkowanie zasobów przyrodniczych nie podlega ograniczeniom.

W rozważanych sytuacjach awaryjnych dawki obciążenia dla flory poza OSO nie

doprowadzą do zmian w jej strukturze ani innych negatywnych skutków. Wprowadzenie do eksploatacji bloków 5 i 6 oraz bezawaryjne funkcjonowanie Elektrowni jako obiektu sześcioblokowego (w tym planowanych bloków 3 i 4) nie wpłynie negatywnie na ogólną różnorodność gatunkową bezkręgowców i owadów.

5.3.7.4 Środowisko technogeniczne

Po oddaniu do eksploatacji bloków 5 i 6 w elektrowni jądrowej nie zostaną wprowadzone żadne nowe procesy technologiczne powodujące emisje zanieczyszczeń do powietrza inne niż dotychczasowe. Oznacza to brak negatywnego wpływu na obiekty na terenie nadzorowanym.

5.3.7.5 Ocena wpływu na zbiorniki wodne

Żadne przemysłowe, deszczowe ani bytowe ścieki z elektrowni jądrowej ani ścieki bytowe z miejscowości Niecieszyn nie są odprowadzane bezpośrednio do publicznych zbiorników wodnych. Oczyszczone ścieki są odprowadzane do stawu chłodzącego, który jest zbiornikiem wodnym do użytku produkcyjnego elektrowni jądrowej, a zatem kompensuje straty wody w stawie chłodzącym. Biorąc pod uwagę, że dla reaktorów AP1000 przewidziano wieże chłodnicze, ilość i jakość zanieczyszczeń przedostających się do stawu chłodzącego będzie minimalna. Ponadto zakłada się, że parametry ich składu i stanu będą monitorowane na bieżąco przez cały proces zarządzania mediami technologicznymi.

Oczyszczone ścieki z terenu przemysłowego elektrowni jądrowej oraz z Niecieszyna nie są odprowadzane bezpośrednio do powierzchniowych zbiorników wodnych, co oznacza, że nie mają one bezpośredniego wpływu na poziom ich skażenia.

W przypadku odprowadzania do zewnętrznych zbiorników wodnych zrzut radioaktywny oblicza się według poniższego wzoru:

$$K_{PHB} = \sum_i^n \frac{q_i}{Q_{iMC}} \times 100\%$$

gdzie q_i to rzeczywista całkowita ilość radionuklidu i wprowadzona do zewnętrznych zbiorników wodnych na koniec raportowanego kwartału od początku roku, wyrażona w Bq, która z kolei jest obliczana według poniższego wzoru:

$$q_i = \frac{4}{k} \sum_{j=1}^k c_i^j$$

gdzie k to numer kwartału, w którym wykonywany jest monitoring (1, 2, 3, 4); c_i^j to rzeczywisty zrzut radionuklidu i dla j -tego kwartału; Q_{iMS} to limit zrzutu (dopuszczalny zrzut) radionuklidu i do zewnętrznych zbiorników wodnych w ciągu roku, Bq/rok.

Aby ocenić i porównać zrzuty z istniejących bloków Chmielnickiej Elektrowni

Jądrowej [49] z planowanymi zrzutami zgodnie z [50], poniżej przedstawiono dane dotyczące radioaktywnych zrzutów do środowiska (zewnętrznych zbiorników wodnych) z Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej za lata 2016–2023 (Tabela 5.24) oraz przewidywanych zrzutów dla bloków AP1000 (Tabela 5.25).

Tabela 5.24 Radioaktywne zrzuty do środowiska (zewnętrznych zbiorników wodnych) z bloków Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej za lata 2016–2023 (do obliczeń wykorzystano wartości większe niż minimalna zmierzona aktywność)

Okres, rok	Zrzuty radioaktywne aktywność radionuklidów, MBq								Wskaźnik zrzutu, %
	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	⁶⁰ Co	⁵⁸ Co	⁵⁴ Mn	⁹⁰ Sr	^{110m} Ag	³ H	
2016	11,01	3,85	-	-	-	2,54	-	2292245	0,16
2017	24,70	15,19	-	-	-	1,27	-	1368952	0,16
2018	11,81	4,27	-	-	-	1,91	-	1979921	0,146
2019	23,70	4,24	-	-	-	1,45	-	2820000	0,214
2020	9,12	1,47	-	-	-	0,72	-	1920000	0,125
2021	8,41	0,87	-	-	-	0,64	0,07	2260000	0,139
2022	6,32	1,33	0,275	-	-	0,68	-	1850000	0,143
2023	7,65	1,21	-	-	-	0,56	-	1040000	0,102

Tabela 5.25 Ciekłe zrzuty podczas normalnej eksploatacji elektrowni AP1000 i przewidywane zdarzenia operacyjne

Nuklid	Aktywność uwalniania (MBq/rok) do kanału zrzutowego (Uwaga)			
	Upust z systemu regulacji shim i odpływy z urządzeń	Odpady różne	Budynek turbiny	Całkowity poziom uwalniania
C-14	7,00E-02	nieistotny	nieistotny	7,00E-02
Na-24	3,50E+01	2,30E-01	2,80E+00	3,80E+01
Cl-36	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Cr-51	4,50E+01	1,30E-01	2,80E-01	4,60E+01
Mn-54	3,20E+01	7,20E-02	1,40E-01	3,20E+01
Fe-55	4,80E+02	1,10E+00	2,10E+00	4,90E+02
Fe-59	4,90E+00	nieistotny	nieistotny	5,00E+00
Co-58	4,10E+02	1,00E+00	2,00E+00	4,10E+02
Co-60	2,20E+02	5,00E-01	9,40E-01	2,30E+02
Ni-63	5,30E+02	1,20E+00	2,10E+00	5,40E+02
Zn-65	1,00E+01	nieistotny	4,50E-02	1,00E+01
Nb-94	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
W-187	2,80E+00	nieistotny	1,70E-01	3,00E+00
U-234	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
U-235	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
U-238	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Np-237	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Pu-238	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Pu-239	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Pu-240	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Pu-241	8,00E-02	nieistotny	nieistotny	8,00E-02
Pu-242	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Am-241	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Am-243	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Cm-242	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Cm-244	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
As-76	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Br-82	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Rb-86	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Rb-88	3,90E-01	nieistotny	nieistotny	3,90E-01
Sr-89	2,40E+00	nieistotny	nieistotny	2,40E+00
Sr-90	2,50E-01	nieistotny	nieistotny	2,50E-01
Y-91	9,00E-02	nieistotny	nieistotny	9,10E-02
Zr-95	6,80E+00	nieistotny	nieistotny	6,90E+00
Nb-95	6,10E+00	nieistotny	nieistotny	6,10E+00
Mo-99	1,90E+01	1,10E-01	5,30E-01	1,90E+01
Tc-99m	1,80E+01	1,10E-01	3,80E-01	1,80E+01
Tc-99	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Ru-103	1,20E+02	3,10E-01	6,60E-01	1,20E+02

Ru-106	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Ag-110m	2,60E+01	5,80E-02	1,10E-01	2,60E+01

Nuklid	Aktywność uwalniania (MBq/rok) do kanału zrzutowego (Uwaga)			
	Upust z systemu regulacji shim i odpływy z urządzeń	Odpady różne	Budynek turbiny	Całkowity poziom uwalniania
Sn-117m	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Sb-122	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Sb-124	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Sb-125	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
I-129	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
I-131	1,50E+01	6,30E-02	2,50E-01	1,50E+01
I-132	1,90E+01	9,10E-02	8,50E-01	2,00E+01
I-133	2,60E+01	1,70E-01	2,70E+00	2,90E+01
I-134	5,80E+00	3,90E-02	nieistotny	5,90E+00
Cs-134	7,50E+00	nieistotny	nieistotny	7,60E+00
I-135	2,00E+01	1,30E-01	3,20E+00	2,40E+01
Cs-136	9,20E+00	nieistotny	8,50E-02	9,30E+00
Cs-137	2,30E+01	5,00E-02	1,10E-01	2,30E+01
Ba-140	1,30E+01	4,60E-02	1,10E-01	1,40E+01
La-140	1,80E+01	6,60E-02	2,00E-01	1,80E+01
Ce-144	7,90E+01	1,80E-01	3,40E-01	8,00E+01
Pr-144	7,90E+01	1,80E-01	3,40E-01	8,00E+01
Wszystkie pozostałe	nieistotny	nieistotny	nieistotny	nieistotny
Łącznie	2,40E+03	6,30E+00	2,10E+01	2,50E+03

Uwaga: wartości mniejsze niż 3,7E-5 GBq/rok uznaje się za nieistotne.

Na podstawie porównania planowanego uwolnienia z bloków AP1000 z rzeczywistymi uwolnieniami z dwóch bloków Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej można stwierdzić, że wpływ na zbiorniki wodne podczas eksploatacji elektrowni AP1000 będzie na poziomie istniejących wartości tła w tym obszarze, nie doprowadzi do wzrostu promieniowania tła i nie przekroczy poziomów kontrolnych.

5.3.8 Transfer transgraniczny

Matematyczne modelowanie dyspersji gazowych i aerozolowych uwolnień radioaktywnych umożliwia ocenę transferu transgranicznego emisji radioaktywnych w przypadku awarii radiacyjnej w Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej zarówno podczas normalnej eksploatacji elektrowni, jak i w sytuacjach awaryjnych. Ocena obciążeń dawkami dla ludności odbywa się z wykorzystaniem przestrzennego pola skażenia.

Modelowanie transferu radioaktywnego przeprowadzono z wykorzystaniem systemu JRODOS (wersja JRodosServerFebruary2019). Zastosowany model dyfuzyjny _ DIPCOT.

Warunki meteorologiczne rozprzestrzeniania emisji w atmosferze odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu pola skażenia promieniotwórczego w powietrzu i na powierzchni. Ponieważ w tym przypadku czas dotarcia emisji z Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej do granic, na przykład z Polską, wynosi około pół dnia, dynamiczne zmiany parametrów meteorologicznych, związane zarówno z dzienną zmiennością warstwy

granicznej atmosfery, jak i zmianami pogodowymi w skali synoptycznej, mają istotne znaczenie w takich okresach. Dlatego najbardziej rozsądnym podejściem do wyboru scenariuszy meteorologicznych dla propagacji uwolnień radioaktywnych w atmosferze jest nie tworzenie sztucznych „ultrakonserwatywnych” scenariuszy, ale korzystanie z rzeczywistych danych pomiarowych dotyczących charakterystyk atmosferycznych.

Konserwatywna prognoza meteorologiczna, oparta na wynikach długoterminowych obserwacji stacji meteorologicznej oddziału Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej, została zastosowana do oceny efektów transferu transgranicznego. Obejmowała ona:

- kierunek wiatru odpowiadający najkrótszej odległości do sąsiednich krajów – Polski, Słowacji, Rumunii, Węgier i Mołdawii – podczas całego okresu emisji;
- prędkości wiatru: 1, 2, 3, 5, 10 m/s w trakcie całego okresu emisji (zgodnie z długoterminowymi obserwacjami meteorologicznymi średnia dobową prędkość wiatru w rejonie Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej wynosi od 0,8 do 5 m/s, z podmuchami wiatru do 20 m/s);
- kategorię stabilności atmosfery D.

Wysokość komina reaktora bloku AP1000, którego budowę planuje się w technologii Westinghouse, wynosi około 72,500 m od poziomu 0,000.

Do obliczeń przyjęto całkowitą wartość emisji odpowiadającą maksymalnej awarii projektowej zgodnie z dokumentem [52], co przedstawiono w tabeli 5.26.

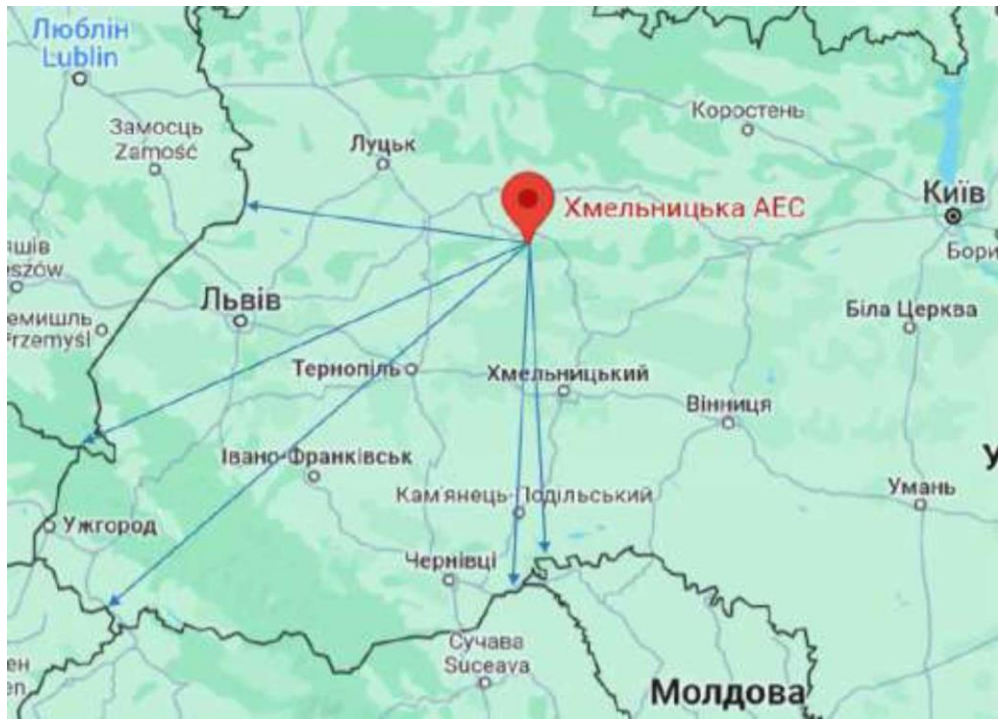
Tabela 5.26 – Oczekiwany skład całkowitej emisji radionuklidów do środowiska w przypadku maksymalnej awarii projektowej (Bq).

Nuklid	0-2 godzin	2-8 godzin	8-24 godzin	24-96 godzin	96-720 godzin
Xe-133	2,17E+14	1,173E+15	4,33E+15	7,69E+15	1,52E+16
Xe-133m	1,19E+12	9,41E+12	2,44E+13	4,94E+13	2,01E+14
Cs-137	3,03E+12	8,13E+12	5,07E+11	2,59E+09	2,40E+10
I-131	3,34E+13	9,27E+13	9,50E+12	6,24E+12	1,87E+13
Te-131m	7,48E+11	2,32E+12	1,26E+11	2,22E+08	7,40E+07
SR-90	1,37E+11	4,51E+11	2,82E+10	1,48E+08	1,33E+09
Ru-103	2,96E+11	9,71E+11	6,03E+10	2,96E+08	2,15E+09
La-140	2,84E+10	8,94E+10	5,03E+09	1,48E+07	3,70E+06
Ce-141	6,54E+10	2,14E+11	1,33E+10	7,03E+07	4,48E+08
Ba-140	2,76E+12	9,01E+12	5,54E+11	2,96E+09	1,15E+10

Rozkład izotopów jodu według frakcji zgodnie z dokumentem [52]: forma

- aerozolowa – 95%;
- forma molekularna – 4,85%;
- forma organiczna – 0,15%.

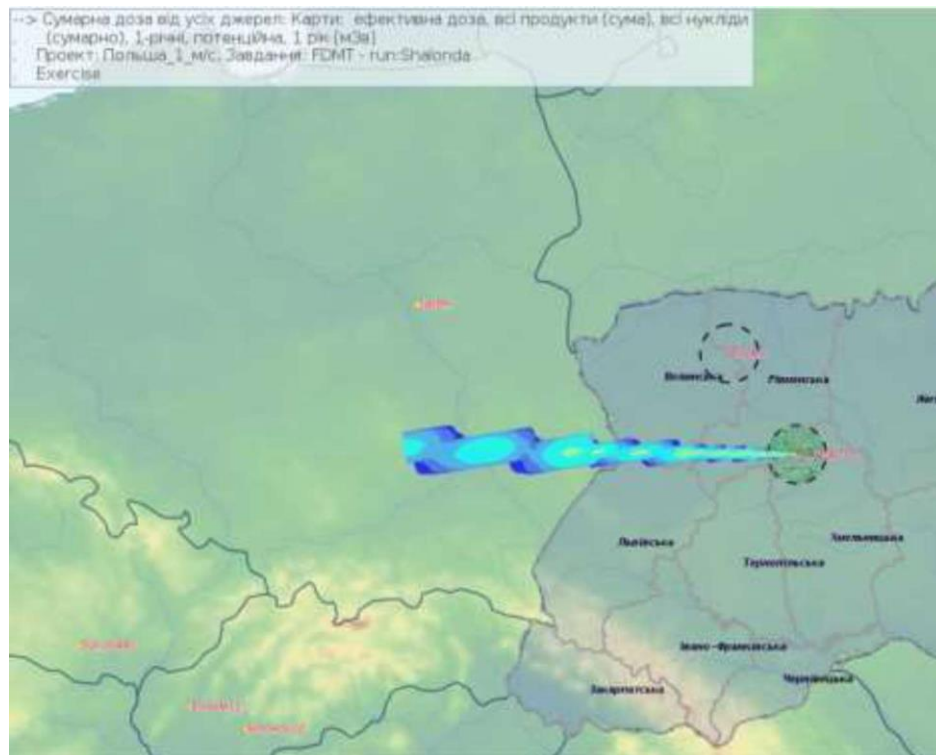
Minimalne odległości do sąsiednich krajów określono z wykorzystaniem Map Google (rysunek 5.9). Odległość od Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej do granicy sąsiednich państw przedstawiono w tabeli 5.27.



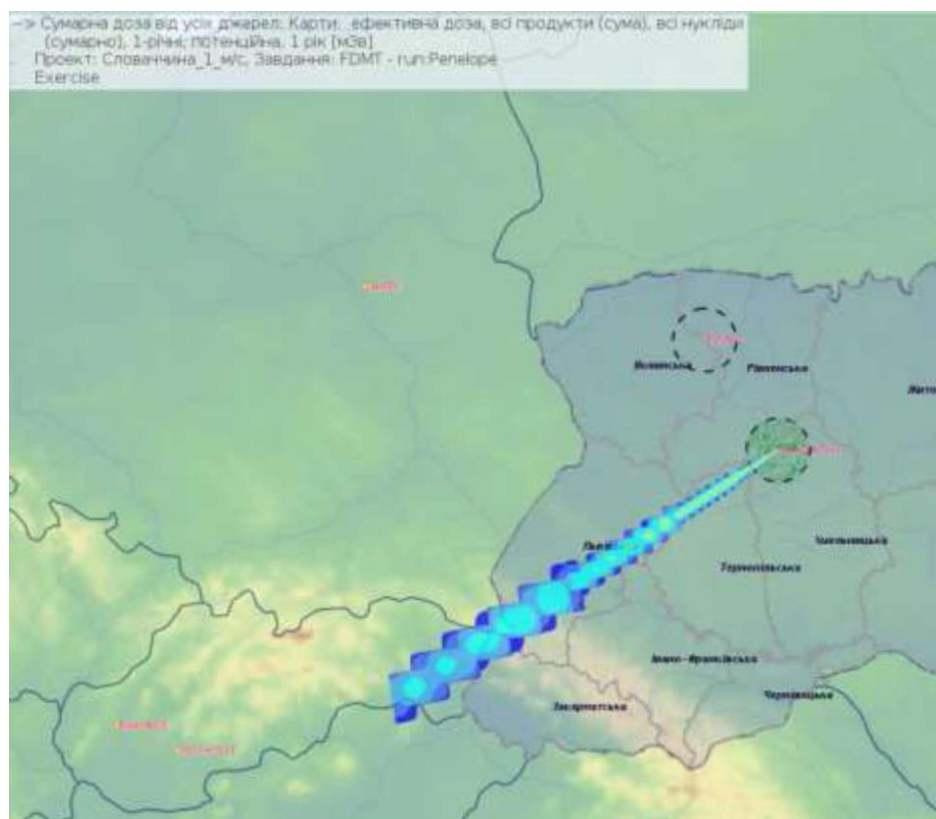
Rysunek 5.9 – Minimalne odległości od Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej do granic sąsiednich państw

[Redacted]				
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

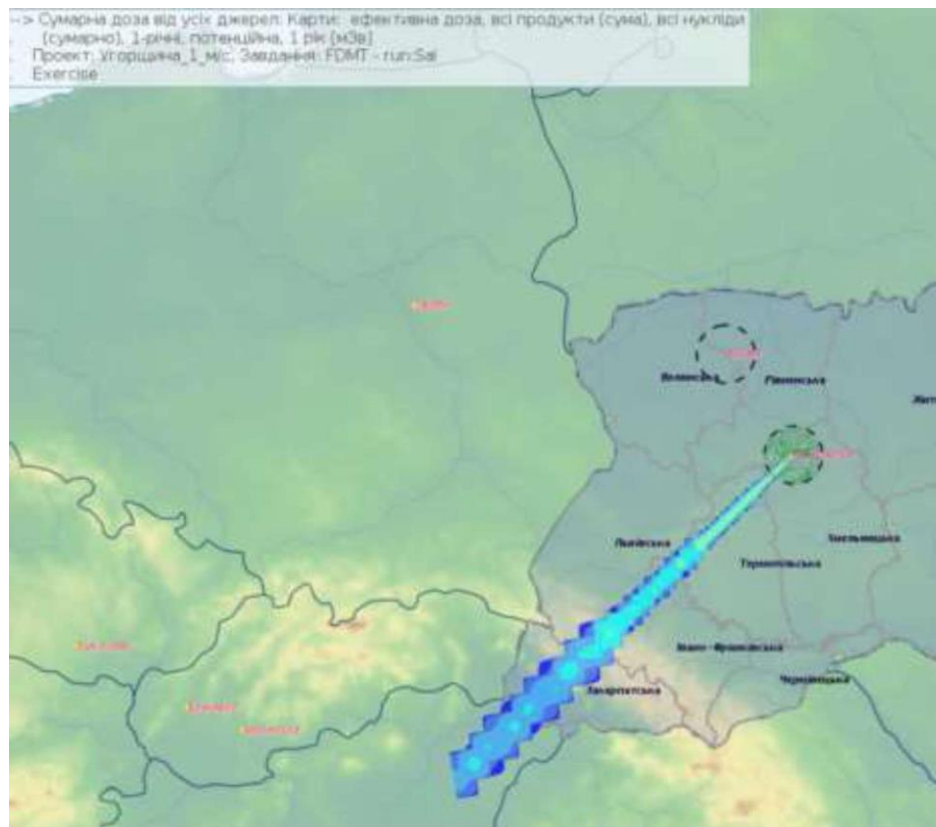
Na rysunkach 5.10–5.14 przedstawiono mapę rozkładu dawki efektywnej promieniowania dla sąsiednich krajów wymienionych w tabeli 5.27.



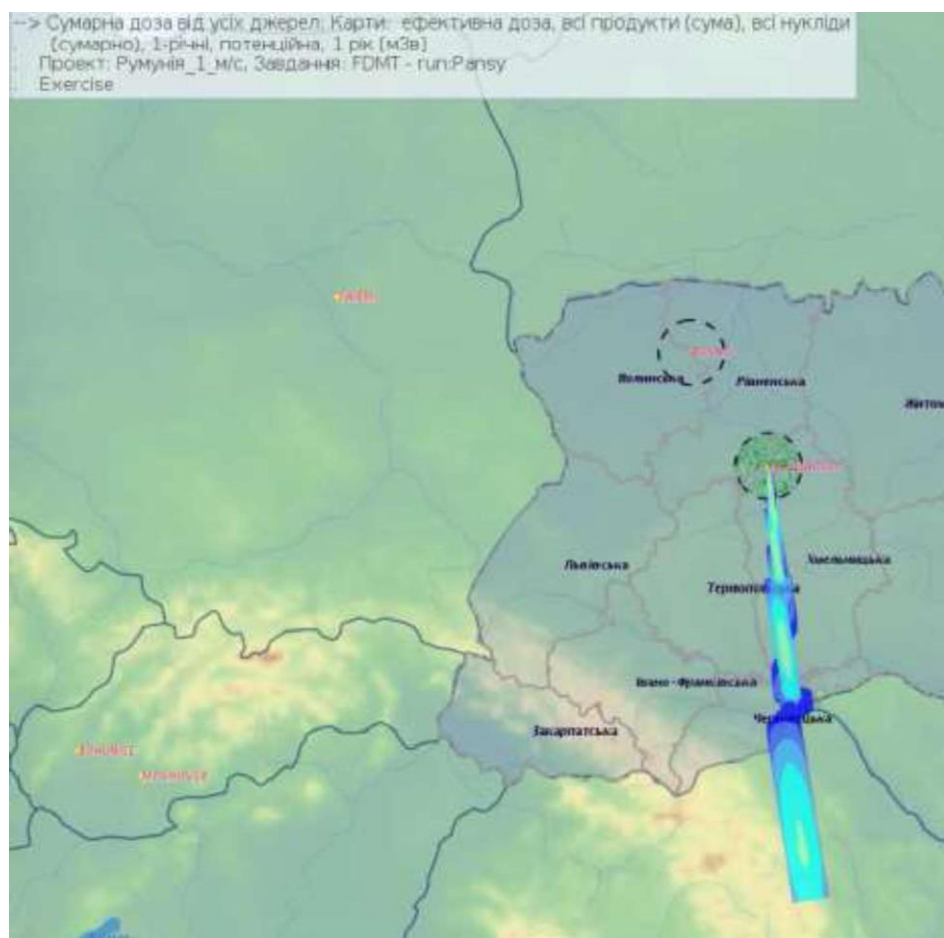
Rysunek 5.10 – Mapa rozkładu dawki efektywnej w kierunku Polski



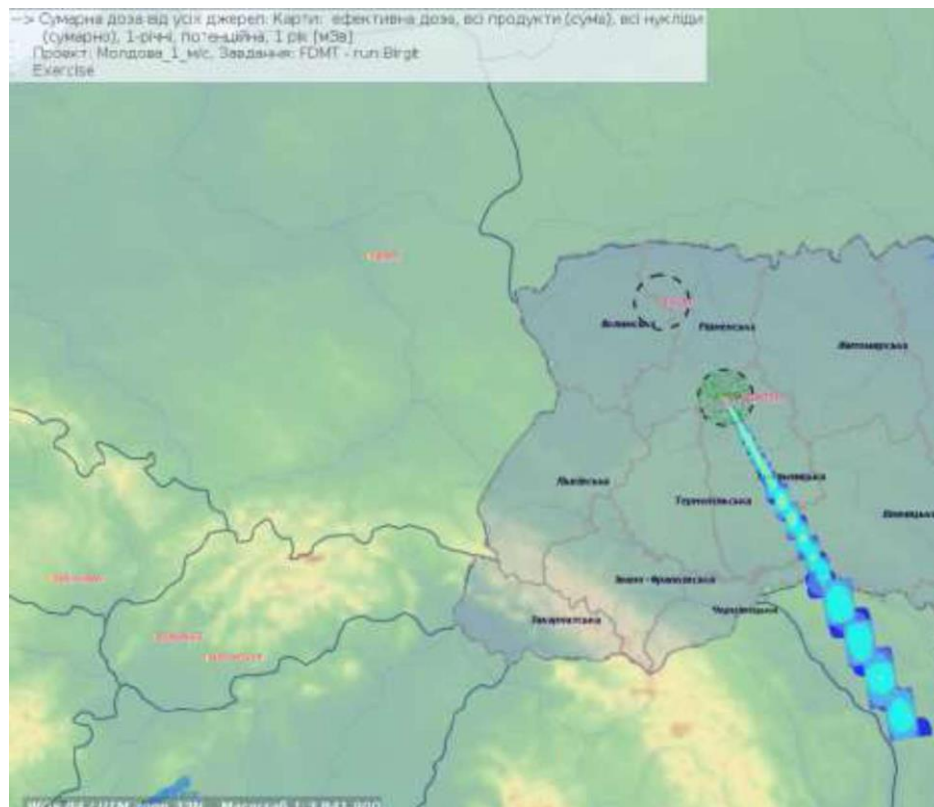
Rysunek 5.11 – Mapa rozkładu dawki efektywnej w kierunku Słowacji



Rysunek 5.12 – Mapa rozkładu dawki efektywnej w kierunku Węgier



Rysunek 5.13 – Mapa rozkładu dawki efektywnej w kierunku Rumunii



Rysunek 5.14: _Mapa rozkładu dawki efektywnej w kierunku Mołdawii

Sekcja 3.3 niniejszego sprawozdania OOS zawiera informacje na temat właściwości gleby, której skład zapewnia niską mobilność i niemal całkowitą immobilizację metali ciężkich oraz radionuklidów. W związku z tym migracja zanieczyszczeń do sąsiednich krajów jest praktycznie niemożliwa. Na podstawie oceny wpływu na faunę, zgodnie z pkt 4.3 niniejszego sprawozdania OOS, zauważa się ponadto, że uwolnienia z sześciu bloków elektrowni jądrowej w warunkach normalnej eksploatacji nie mają praktycznie żadnego wpływu na gospodarkę leśną, grzybobranie i tereny jagodowe, a także na działalność rekreacyjną oraz jakość produktów leśnych. Na podstawie wyników obliczeń i analizy uzyskanych wyników można stwierdzić, że maksymalna roczna dawka efektywna na terytorium sąsiednich państw w przypadku maksymalnej awarii projektowej „ze wszystkich dróg” wynosi 0,153 mSv, a „ze wszystkich dróg z wyjątkiem konsumpcji” wynosi 0,0323 mSv, co jest znacząco mniejsze niż dopuszczalna dawka dla ludności – 1 mSv zgodnie z [22]. W związku z tym, biorąc pod uwagę cechy naturalne i antropogeniczne obszaru, wpływ na terytoria sąsiednich państw jest praktycznie wyeliminowany.

Należy podkreślić, że prawdopodobieństwo wystąpienia awarii jest bardzo niskie, a możliwość jednoczesnej awarii wszystkich bloków na jednym obszarze jest wręcz minimalna. Dlatego wszystkie obliczenia są zwykle wykonywane dla pojedynczego źródła możliwego przypadkowego uwolnienia. Ponadto narzędzia programowe (RODOS) wykorzystywane do obliczania transgranicznych transferów uwolnień umożliwiają wprowadzanie danych z określonego źródła.

5.3.9 Obliczanie strefy ochrony sanitarnej i terenu nadzorowanego

Zgodnie z ukraińską ustawą o wykorzystaniu energii jądrowej i bezpieczeństwie radiacyjnym [53] w miejscu lokalizacji obiektu jądrowego lub obiektu przeznaczonego do przetwarzania odpadów promieniotwórczych należy ustanowić strefę ochrony sanitarnej i teren nadzorowany.

Rozmiar i granice tych stref należy określić w projekcie zgodnie z normami i zasadami obowiązującymi w dziedzinie wykorzystania energii jądrowej oraz uzgodnić z państwowym organem regulacyjnym ds. bezpieczeństwa jądrowego i radiacyjnego. W strefie ochrony sanitarnej i na terenie nadzorowanym należy prowadzić monitoring promieniowania.

5.3.9.1 Obliczanie strefy ochrony sanitarnej

Aby określić wielkość strefy ochrony sanitarnej bloków AP1000, przeprowadzono odpowiednie obliczenia modelowe [54].

Takie obliczenia w celu określenia wielkości i granic strefy ochrony sanitarnej Chmielniczej Elektrowni Jądrowej przeprowadzono zgodnie z wymogami przedstawionymi w dokumencie ISO NNEGC 023:2014 [55], uzgodnionym z SNRIU i Ministerstwem Zdrowia Ukrainy. Oprócz tego uwzględniono wpływ eksploatacji bloków 1, 2 Elektrowni, planowanych bloków 3 i 4 z reaktorami typu WWER-1000 oraz planowanych bloków 5 i 6 z reaktorami typu AP1000. Wielkość strefy ochrony sanitarnej Chmielniczej Elektrowni Jądrowej określono na podstawie warunków nieprzekraczania ustalonych kryteriów dawki w odniesieniu do narażenia ludzi, tj.:

- normalnej pracy bloków energetycznych;
- naruszenia normalnej pracy bloków energetycznych z reaktorami typu WWER-1000 i AP1000;
- awarii projektowych w blokach energetycznych z reaktorami typu WWER-1000 i AP1000.

Zgodnie z [22] kryteria określania wielkości strefy ochrony sanitarnej elektrowni jądrowej muszą spełniać warunek nieprzekraczania określonych poziomów promieniowania wewnątrz strefy i poza nią. Określone poziomy narażenia ustala się oddzielnie dla normalnej pracy oraz dla awarii projektowych i nieprawidłowej pracy.

W szczególności podczas normalnej pracy nie powinien zostać przekroczony limit dawki dla emisji gazów i aerozoli z elektrowni jądrowej ustalony przez NRBU-97, a mianowicie roczna dawka efektywna dla ludności ze względu na wszystkie drogipowstawania dawki poza strefą ochrony sanitarnej nie powinna przekraczać 40 μSv . Należy zapewnić nieprzekroczenie określonej dawki dla wszystkich grup wiekowych określonych w NRBU-97 i dla wszystkich odległości równych odległości od miejsc możliwych uwolnień do granic strefy ochrony sanitarnej lub od niej większych.

W przypadku nieprawidłowej pracy dawki efektywne dla ludności poza strefą ochrony sanitarnej nie powinny przekraczać 40 μSv przez 120 dni po takim zdarzeniu.

W przypadku awarii projektowej dawki dla ludności w strefie ochrony sanitarnej i poza nią nie powinny przekraczać wartości bezwarunkowych poziomów uzasadnienia podanych w tabeli

D.7.1 NRBU-97, a mianowicie:

a) dawka efektywna:

- _ dzieci – **10 mSv**;
- _ dorośli – **20 mSv**;

b) dawka dla tarczycy:

- _ dzieci – **100 mSv**;
- _ dorośli – **300 mSv**;

c) dawka dla skóry:

- _ dzieci – **300 mSv**;
- _ dorośli – **500 mSv**.

Należy zapewnić nieprzekraczanie dawek promieniowania w przypadku awarii projektowych i nieprawidłowej pracy:

- dla wszystkich grup wiekowych określonych w NRBU-97;
- dla wszystkich odległości równych odległości od miejsc możliwych uwolnień do granic strefy ochrony sanitarnej lub od niej większych.

Zgodnie z wynikami obliczeń wymiary strefy ochrony sanitarnej Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej, które zapewniają nieprzekroczenie kryteriów dawki w odniesieniu do narażenia ludności zgodnie z wymogami normy ukraińskiej NNEGC 023:2014 [55], NRBU-97 [22], w granicach strefy ochrony sanitarnej i poza nimi, jak pokazano na rys. 5.15. Obliczona granica strefy ochrony sanitarnej jest elipsą, której środek znajduje się pośrodku segmentu łączącego lokalizacje przewodów odpowietrzających bloków 2 i 3.

Główna oś elipsy znajduje się na linii łączącej lokalizacje przewodów odpowietrzających bloków energetycznych 1 i 6. Długość głównej półosi elipsy wynosi 2600 m, a długość mniejszej półosi wynosi 2200 m.

Granice strefy ochrony sanitarnej Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej określone na podstawie obliczeń są niemal w pełni zgodne z istniejącymi granicami (rys. 5.15), z wyjątkiem jej zachodniej części. W tym obszarze obliczona granica strefy ochrony sanitarnej wykracza poza istniejącą w kierunku zachodnim o nie więcej niż 250 m. Jednocześnie większość tego dodatkowego obszaru znajduje się na powierzchni wody zbiornika wodnego Elektrowni. To niewielkie zwiększenie rozmiaru wyliczonej strefy ochrony sanitarnej w kierunku zachodnim jest wynikiem uwzględnienia potencjalnego wpływu nowych bloków nr 5 i 6. Powierzchnia wyliczonej strefy wynosi 18,0 km², co stanowi około 78% powierzchni istniejącej strefy.

Przed rozpoczęciem prac budowlanych i po zatwierdzeniu projektu budowy bloków 5 i 6 Elektrowni z reaktorem typu AP1000, wielkość strefy ochrony sanitarnej zostanie ostatecznie określona na podstawie wyników ekspertyzy projektu.



Rys. 5.15 – Granice strefy ochrony sanitarnej Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej określono w wyniku obliczeń opartych na wymagach normy ukraińskiej NNEGC 023:2014 [55] (na czerwono). Istniejące granice strefy ochrony sanitarnej Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej oznaczono fioletowym okręgiem; ich średnica wynosi 2700 m.

5.3.9.2 Obliczanie terenu nadzorowanego

Aby określić wielkość terenu nadzorowanego bloków AP1000, przeprowadzono odpowiednie obliczenia modelowe [54].

Takie obliczenia terenu nadzorowanego przeprowadzono zgodnie z wymogami normy NP 306.2.173-2011 „Wymagania dotyczące określania wielkości i granic nadzorowanego obszaru EJ” [60]. Jednocześnie obliczenia wszystkich funkcji, które są porównywane z ustalonymi kryteriami określania wielkości terenu nadzorowanego elektrowni jądrowej, przeprowadzono z uwzględnieniem potencjalnego wpływu wszystkich źródeł uwolnień radioaktywnych na terenie Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej. Oznacza to, że modelowanie skutków awarii pozaprojektowej, w którym określa wielkość terenu nadzorowanego Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej, przeprowadzono w odniesieniu do każdego z sześciu (działających i planowanych) bloków Elektrowni, a mianowicie:

- a) działających bloków 1 i 2 z reaktorami typu WWER-1000/W-320;

b) bloków 3 i 4 z reaktorami typu WWER-1000/466B planowanych do zaprojektowania i budowy;

c) planowanych do zaprojektowania i budowy bloków 5 i 6 o mocy elektrycznej około 1100 MW i mocy cieplnej 3400 MW z reaktorami typu AP1000 produkcji Westinghouse Electric Company.P

Wielkość terenu nadzorowanego określa się w taki sposób, aby w przypadku awarii pozaprojektowych, których częstotliwość jest równa wartościom wskaźników określonych w „Ogólnych przepisach bezpieczeństwa dla elektrowni jądrowych” [6] lub przekracza te wartości,

“General Safety Provisions for Nuclear Power Plants” [6], the doses to the public on the dawki dla ludności w granicach terenu nadzorowanego i poza nim nie przekraczały kryteriów wprowadzenia pilnych środków zaradczych (dolnych granic uzasadnienia) – ewakuacji i profilaktyki jodowej, podanych w tabeli D.7.1 NRBU 97¹ [22]), a mianowicie:

a) dawka efektywna – 50 mSv;

b) dawka dla tarczycy:

– dzieci – 50 mSv;

– dorośli – 200 mSv;

c) dawka dla skóry – 500 mSv.

Wykazano nieprzekroczenie tych dawek:

- dla wszystkich grup wiekowych określonych w NRBU-97;

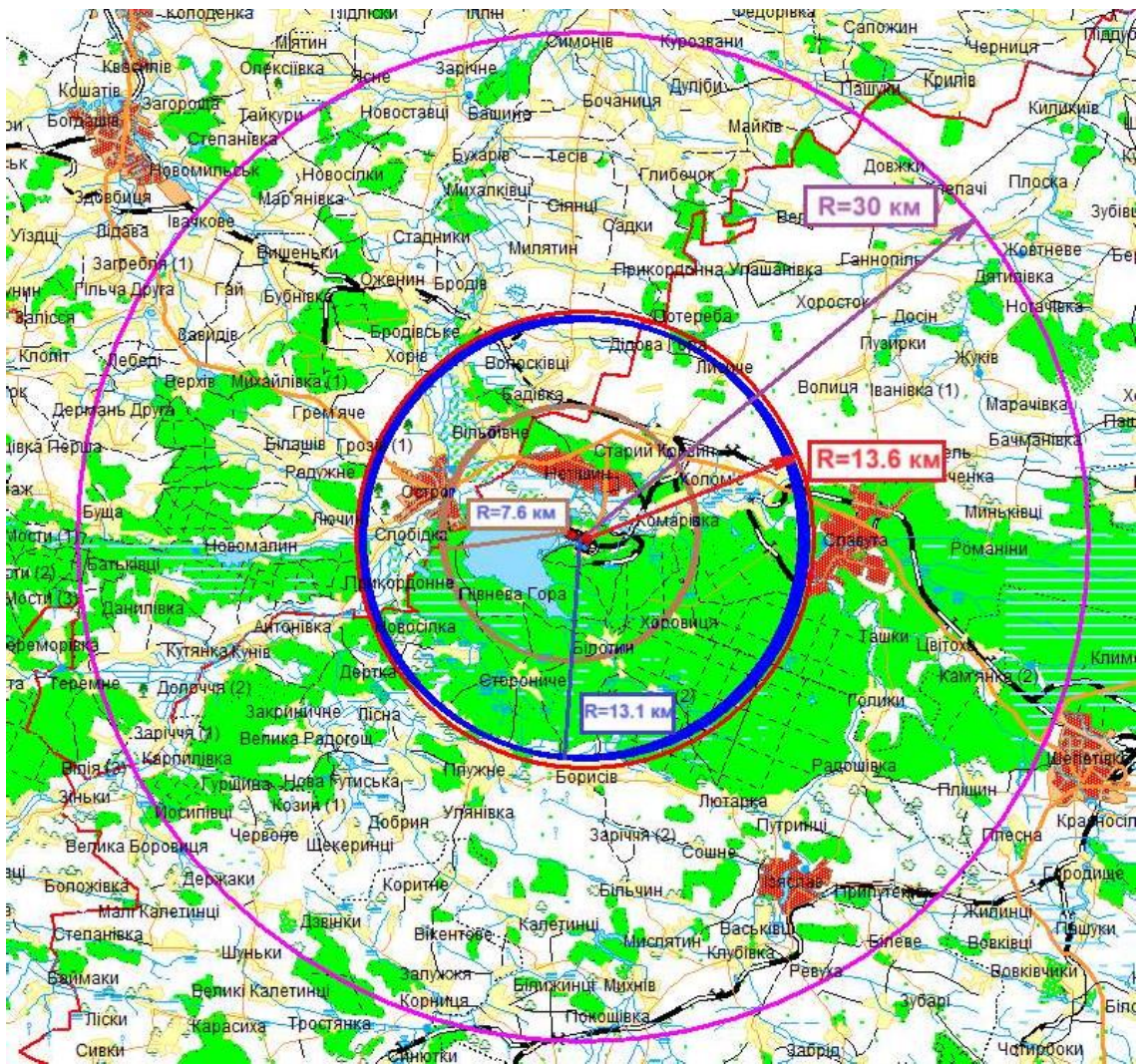
- dla wszystkich odległości równych odległości od miejsc możliwych uwolnień do granic terenu nadzorowanego lub od niej większych.

Przy obliczaniu nieprzekroczenia określonych dawek promieniowania brane są pod uwagę rodzaje obszarów na terenie nadzorowanym i prawdopodobne warunki meteorologiczne podczas transferu atmosferycznego przypadkowego uwolnienia.

W przypadku rozważanych scenariuszy awarii pozaprojektowej w blokach energetycznych WWER-1000 i AP1000, aby spełnić kryteria nieprzekroczenia dawki efektywnej dla ludności oraz równoważnych dawek dla skóry i tarczycy, wymagane jest utworzenie następującego zestawu okręgów:

Wszystkie okręgi pokazano na rys. 5.16.

[1]¹ Wartości limitów uzasadnienia w przypadku dawki dla tarczycy i skóry w tabeli D.7.1 NRBU-97 podano w postaci dawek pochłoniętych (mGy). Wartości liczbowe dawek pochłoniętych (mGy) utworzonych wyłącznie przez promieniowanie beta i gamma są równe wartościom dawek równoważnych (mSv).



Rys. 5.16 Granice terenu nadzorowanego określono na podstawie obliczeń zgodnie z wymogami normy NP 306.2.173-2011 (na czerwono). Granicę istniejącego terenu nadzorowanego Elektrowni zaznaczono fioletowym okręgiem o promieniu 30 km.

Na rys. 5.16 pokazano powyższe cztery okręgi w kolorze niebieskim dla każdego z bloków WWER-1000 1-4. Dwa okręgi o promieniu 7,6 km (pokazane w kolorze brązowym na rys. 5.16), odpowiadające obliczeniom dla bloków 5–6 z reaktorami AP1000, są przesunięte względem siebie o 270 m (odległość między kominami wentylacyjnymi bloków) i znajdują się w pełni w obszarze pozostałych 4 okręgów o promieniu 13,1 km uzyskanych dla bloków 1–4. Jeśli przyjąć, że środek terenu nadzorowanego powinien pozostać niezmienny, wówczas promień okręgu narysowanego wokół tego środka i obejmującego wszystkie sześć okręgów wynosi 13 600 m (pokazany na czerwono na rys. 5.16). Wartość tę można przyjąć jako wielkość terenu nadzorowanego wynikającą z obliczeń.

Określona wielkość terenu nadzorowanego Elektrowni, oparta na dokumencie NP 306.2.173-2011, gwarantuje, że ustalone kryteria dawki nie zostaną przekroczone dla wszystkich referencyjnych grup wiekowych oraz w całym zakresie warunków meteorologicznych

w odniesieniu do rozprzestrzeniania się uwolnień radioaktywnych w atmosferze i charakterystyki podłoża.

Przed rozpoczęciem prac budowlanych i po zatwierdzeniu projektu budowy bloków 5 i 6 Elektrowni z reaktorem typu AP1000, wielkość terenu nadzorowanego zostanie ostatecznie określona na podstawie wyników przeglądu projektu.

5.3.10 Przetwarzanie odpadów

W trakcie eksploatacji elektrowni jądrowej nieuchronnie powstają zarówno odpady promieniotwórcze, jak i odpady niepromieniotwórcze, zob. także sekcje 1.5.1, 1.5.2.3.

Odpady promieniotwórcze obejmują takie przedmioty materialne i substancje, które nie podlegają dalszemu wykorzystaniu, a których aktywność radionuklidów lub skażenie promieniotwórcze przekraczają poziomy określone w obowiązujących przepisach.

Eksploatacja elektrowni jądrowej nieuchronnie generuje ciekłe, stałe i gazowe odpady promieniotwórcze. Źródłem odpadów promieniotwórczych są urządzenia i systemy elektrowni jądrowej zawierające ciekłe, stałe i gazowe media.

Ciekłe odpady promieniotwórcze powstają podczas eksploatacji i napraw głównych i pomocniczych urządzeń bloku reaktora oraz systemów obejmujących całą elektrownię, zawierających substancje promieniotwórcze lub skażonych substancjami promieniotwórczymi, zob. także sekcja 1.5.1.4.

Stałe odpady promieniotwórcze to zużyte elementy wewnętrzne reaktora, części pomp, rurociągi, armatura, izolacja termiczna, filtry systemu wentylacji, materiały do wycierania, kombinezony bawełniane i foliowe, zużyte środki ochrony indywidualnej, różne odpady budowlane itp., zob. sekcja 1.5.1.5.

Gazowe odpady promieniotwórcze – lotne emisje (aerozole) chłodziwa pierwotnego powstałe podczas prac naprawczych, niewielkie wycieki i nieuporządkowane wycieki chłodziwa, zob. także sekcja 1.5.1.3.

Blok energetyczny AP1000 zapewnia system przetwarzania i zarządzania odpadami promieniotwórczymi w celu obsługi oczekiwanego wytwarzania odpadów z eksploatacji elektrowni oraz zapewnia elastyczność i przestrzeń do instalowania mobilnych systemów w sytuacjach awaryjnych oraz specjalnych systemów przetwarzania odpadów, które mogą być wymagane w takich sytuacjach. Poniżej znajduje się lista systemów przetwarzania odpadów promieniotwórczych dla AP1000:

- system dla gazów
- promieniotwórczych (WGS); system dla ciekłych odpadów promieniotwórczych (WLS);
- system odprowadzania odpadów
- promieniotwórczych (WRS); system dla stałych odpadów promieniotwórczych (WSS).

Organizacja operacyjna wdraża obecnie projekt budowy zakładu przetwarzania odpadów promieniotwórczych w Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej. Zakład ten jest przeznaczony do przetwarzania odpadów promieniotwórczych już nagromadzonych w

magazynach Elektrowni

NPP site. The RWPC is intended for processing radwaste already accumulated in KhNPP – tych wygenerowanych podczas bieżącej eksploatacji bloków energetycznych oraz tych, które zostaną wygenerowane podczas likwidacji bloków energetycznych Elektrowni.

Budowa zakładu przetwarzania odpadów promieniotwórczych na terenie Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej zapewni:

- zwiększenie poziomu ochrony personelu, ludności i środowiska przed negatywnym wpływem promieniowania;
- usprawnienie systemu zarządzania odpadami promieniotwórczymi w Elektrowni, a także zmniejszenie prawdopodobieństwa wypadków radiacyjnych podczas postępowania ze stałymi odpadami promieniotwórczymi;
- przygotowanie przetworzonych stałych odpadów promieniotwórczych do dalszej wysyłki do wyspecjalizowanych przedsiębiorstw w celu utylizacji zgodnie z ustalonymi kryteriami akceptacji;
- znaczne zmniejszenie ilości stałych odpadów promieniotwórczych przechowywanych na terenie Elektrowni dzięki wprowadzeniu nowych technologii ich przetwarzania.

The main RWPC facilities:

Główne obiekty zakładu przetwarzania odpadów promieniotwórczych: instalacja do

- spalania paliw organicznych;
- tłocznia;
- zakład dekontaminacji metali; zakład
- pomiaru aktywności;
- zakład sortowania i rozdrabniania odpadów;
- zakład cementacji;
- obiekt do wyłączenia spod kontroli regulacyjnej.

Uruchomienie zakładu przetwarzania odpadów promieniotwórczych w 2025 r. zapewni dostępność bezpłatnych składowisk odpadów promieniotwórczych w celu przedłużenia okresu eksploatacji i likwidacji działających bloków Elektrowni, przechowywania i przetwarzania stałych odpadów promieniotwórczych z nowych bloków 3, 4 Elektrowni i bloków wykorzystujących technologię AP1000. Uruchomienie zakładu zasadniczo poprawi kulturę bezpieczeństwa w zakresie gospodarowania odpadami promieniotwórczymi w Chmielnickiej Elektrowni Jądrowej.

5.3.10.1 Źródła wytwarzania gazów promieniotwórczych

System dla gazów promieniotwórczych (WGS) jest przeznaczony do przyjmowania, przetwarzania i odprowadzania gazowych odpadów promieniotwórczych poza teren elektrowni zgodnie z progową wartością graniczną dla normalnej pracy elektrowni, w tym wytwarzania energii elektrycznej, wyłączania paliwa i przeładunku.

Reaktor typu AP1000 został zaprojektowany tak, by przyjmować wszystkie gazy

wytwarzane podczas prac elektrowni, które mogą zawierać wodór i które są promieniotwórcze. Największa ilość odpadów gazowych powstaje podczas pracy elektrowni pod koniec cyklu paliwowego. Gazowe odpady promieniotwórcze obejmują:

- spaliny, gazy niekondensujące i lotne aerozole ze sprzętu działającego na podłożu radioaktywnym;
- powietrze usuwane z miejsc pracy.

Gazy nagromadzone w obiegu pierwotnym podczas pracy są z niego odprowadzane. Powoduje to powstanie strumienia ciekłych odpadów promieniotwórczych. Emisje gazowe mogą być również generowane przez odpowietrzanie lotnych emisji z chłodziwa pierwotnego wynikających z małych, zorganizowanych, niezorganizowanych wycieków.

Przed uwolnieniem do atmosfery odpady gazowe są poddawane obróbce.

5.3.10.2 Źródła wytwarzania ciekłych odpadów promieniotwórczych

System WLS jest przeznaczony do gospodarowania ciekłymi odpadami promieniotwórczymi wytwarzanymi podczas normalnej pracy, ich gromadzenia, przetwarzania, obsługi, przechowywania i usuwania.

System zawiera komponenty, które przyjmują i przechowują ciekłe odpady promieniotwórcze lub potencjalnie promieniotwórcze.

Głównym wyposażeniem systemu jest zbiornik do odprowadzania chłodziwa pierwotnego reaktora, zbiornik ochronny, osadniki ścieków, zbiorniki na odpady itp.

Elementy systemu przechowują i przetwarzają odpady podczas normalnej pracy i spodziewanych zakłóceń normalnej pracy.

Głównymi źródłami wytwarzania ciekłych odpadów promieniotwórczych w

- obiektach AP1000 są: chłodziwo obiegu pierwotnego;
 - woda dekontaminacyjna generowana podczas dekontaminacji elektrowni jądrowej;
- sprzęt;
- zorganizowane i niezorganizowane wycieki z urządzeń zawierających ciekłe substancje promieniotwórcze
- ;
- woda z przedmuchu wytwornicy pary;
 - wody z odprowadzenia pochodzące z system odprowadzania odpadów promieniotwórczych (WRS); inne.

Przed zrzutem odpadów ciekłych i przez cały okres zarządzania nimi obowiązkowe jest monitorowanie i kontrolowanie zgodności parametrów promieniowania przetwarzanego medium.

5.3.10.3 Źródła stałych odpadów promieniotwórczych

Wśród głównych stałych odpadów promieniotwórczych z reaktorów typu AP1000, dla których zaprojektowano system, można wskazać następujące:

- zużyte żywice
- jonowymienne; zużyte

wkłady filtracyjne;

- suche i mieszane odpady eksploatacyjne powstałe w wyniku eksploatacji urządzeń elektrowni jądrowej zawierających skażenie promieniotwórcze;
- inne.

System dla stałych odpadów promieniotwórczych gromadzi zużyte jonizatory, filtry o działaniu mieszanym, zużyte wkłady filtracyjne oraz suche (stałe) i mieszane odpady promieniotwórcze wytwarzane podczas eksploatacji elektrowni jądrowej w warunkach normalnej pracy oraz w przypadku spodziewanych zakłóceń normalnej pracy. System znajduje się w budynkach pomocniczych i budynkach do gospodarowania odpadami promieniotwórczymi.

Za przetwarzanie i pakowanie odpadów promieniotwórczych odpowiedzialne są mobilne systemy w strefie załadunku znajdującej się w budynku pomocniczym oraz mobilne urządzenia w budynku do gospodarowania odpadami promieniotwórczymi.

Przed przekazaniem ich do odpowiedniego magazynu odpady promieniotwórcze są przechowywane w opakowaniu w budynkach przyległych, budynkach pomocniczych i budynkach do gospodarowania odpadami promieniotwórczymi.

Stałe odpady promieniotwórcze są przyjmowane przed ich przetworzeniem i pakowaniem za pomocą sprzętu mobilnego w celu wysyłki poza teren elektrowni.