

Ocena oddziaływania radiacyjnego eksploatacji Elektrowni Jądrowej SMR ETE

Wersja ostateczna 2026.07.20

Sporządził: doc. Ing. František Podzimek, CSc.
Politechnika Czeska w Pradze
Wydział Inżynierii Biomedycznej
Katedra Kierunków Medycznych i Ochrony Ludności

Spis treści

1 Ryzyko obciążenia radiacyjnego wynikające z eksploatacji elektrowni jądrowej3

1.1	Promieniowanie jonizujące i jego skutki biologiczne	3
1.2	Krótkie wyjaśnienie głównych pojęć, wielkości i jednostek	6
1.3	Charakterystyka zależności dawka-efekt promieniowania jonizującego	7
1.4	Zasady i cele ochrony radiologicznej	10
1.5	Limity w ochronie radiologicznej	11
1.6	Poszczególne składniki obciążenia radiacyjnego ludności	14
1.6.1	Obciążenie radiacyjne od naturalnych źródeł promieniowania jonizującego .	15
1.6.2	Obciążenie radiacyjne od naturalnych źródeł na przedmiotowym obszarze Temelín	17
1.6.3	Obciążenie radiacyjne od sztucznych źródeł promieniowania jonizującego ..	23
1.6.4	Obciążenie radiacyjne od sztucznych źródeł na przedmiotowym obszarze Temelín	26
1.7	Charakterystyka ryzyk wynikających z eksploatacji EJ	29
1.7.1	Ryzyko w przypadku uwolnień do atmosfery z EJ.....	29
1.7.2	Ryzyko wynikające z uwolnień do cieków wodnych z EJ	30
1.8	Ryzyko obciążenia radiacyjnego wynikające z eksploatacji SMR ETE.....	31
1.9	Ryzyko obciążenia radiacyjnego wynikające z eksploatacji ETE1,2 i NJZ ETE.....	39
1.10	Ryzyko obciążenia radiacyjnego od zapełnionych zestawów opakowaniowych w SVJP po rozbudowie	42
1.11	Ryzyko obciążenia radiacyjnego wynikające z eksploatacji SMR ETE, ETE1,2, SVJP i NJZ ETE	43
1.12	Ryzyko obciążenia radiacyjnego z eksploatacji ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE na obszarach przygranicznych	50
1.13	Wniosek.....	51
1.14	Bibliografia.....	53
1.15	Lista skrótów.....	55
1.16	Lista tabel	57
1.17	Lista obrazków.....	59

1 Ryzyko obciążenia radiacyjnego wynikające z eksploatacji elektrowni jądrowej

1.1 Promieniowanie jonizujące i jego skutki biologiczne

Promieniowanie (radiacja) to ogólnie rzecz biorąc **rozchodzenie się energii** w przestrzeni. Po uderzeniu w dowolny obiekt część tej przenoszonej energii może zostać przekazana obiektowi i powodować szereg zmian fizycznych, chemicznych i biologicznych.

Promieniowanie jonizujące to promieniowanie zdolne do bezpośredniego lub pośredniego jonizowania atomów i cząsteczek. Praktyczne/regulacyjne granice różnią się w zależności od celu oceny.

Rozróżniamy kilka rodzajów promieniowania jonizującego. Promieniowanie alfa ma wysoką zdolność jonizacyjną, lecz niską przenikliwość i zatrzyma je już kartka papieru lub skóra. Promieniowanie beta jest bardziej przenikliwe, lecz nadal stosunkowo łatwe do zaekranowania cienkimi warstwami aluminium lub tworzywa sztucznego. Promieniowanie gamma i promieniowanie neutronowe należą do najbardziej przenikliwych rodzajów, dlatego wymagają masywnego ekranowania (ołów, beton, woda).

Podstawowe typy promieniowania jonizującego, to:

- **Promieniowanie alfa** (cząstki helu, ładunek dodatni): wysoka zdolność jonizacyjna, niska przenikliwość, niebezpieczne przy skażeniu wewnętrznym.
- **Promieniowanie beta** (elektrony/pozytony): średnia przenikliwość, zdolne do wywoływania powierzchniowych uszkodzeń tkanek, ryzykowne również przy narażeniu wewnętrznym.
- **Promieniowanie gamma** (promieniowanie fotonowe): wysoka przenikliwość, stanowi główne źródło narażenia zewnętrznego.
- **Promieniowanie neutronowe: Jest to rodzaj pośrednio jonizującego promieniowania cząsteczkowego**, składającego się ze strumienia wolnych neutronów, które nie posiadają ładunku elektrycznego. Powstaje przede wszystkim podczas **reakcji jądrowych, rozszczepiania jąder ciężkich, w reaktorach jądrowych, akceleratorach cząstek** lub podczas niektórych procesów radionuklidowych.
- **Destrukcyjny skutek** promieniowania jonizującego dla żywej materii polega na **uszkodzeniu biocząsteczek, przede wszystkim DNA, protein i lipidów** w komórce. Odbywa się to w dwojaki sposób: **w wyniku skutku bezpośredniego**, podczas którego następuje wybite elektronów z wiązań chemicznych, oraz **pośredniego**, podczas którego najpierw następuje jonizacja cząsteczek wody, stanowiącej większość zawartości komórek. Powstają przy tym wolne rodniki, cząstki z niesparowanymi elektronami, które są bardzo reaktywne i łatwo reagują z biocząsteczkami. Oba skutki zazwyczaj objawiają się jednocześnie, a o tym, który z nich ma większe znaczenie,

decyduje rodzaj promieniowania. Skutki bezpośrednie są istotniejsze w przypadku promieniowania protonowego, neutronowego i alfa, natomiast pośrednie w przypadku promieniowania beta i gamma.

Organizm ludzki to funkcjonalna całość poszczególnych tkanek i narządów, które nie wykazują jednakowej podatności na narażenie na promieniowanie jonizujące, tzw. **promieniowrażliwości**. Podstawowe prawo radiobiologiczne sformułowane już w 1906 roku przez francuskich radiologów **J. Bergoniego** i **L. Tribondeau** głosi, że ***promieniowrażliwość jest wprost proporcjonalna do aktywności mitotycznej komórek, a zatem do tkanek promieniowrażliwych należą te, które posiadają słabo zróżnicowane i aktywnie dzielące się komórki, natomiast tkanki ze zróżnicowanymi i słabo lub wcale niedzielącymi się komórkami zaliczamy do promienioodpornych.***

Na podstawie malejącej **promieniowrażliwości** można orientacyjnie uszeregować niektóre narządy i tkanki: narządy limfatyczne, aktywny szpik kostny, gonady, jelito, skóra i wyściółka nabłonkowa (gardło, przełyk, żołądek), soczewka oka, dojrzała chrząstka i kość, układ oddechowy, gruczoły układu pokarmowego, gruczoły dokrewne, mięśnie, ośrodkowy układ nerwowy, przy czym dzieci są ogólnie bardziej wrażliwe niż dorośli.

Skutki promieniowania jonizującego, z punktu widzenia całego organizmu ssaka, dzielą się na **deterministyczne**, gdy po osiągnięciu określonej dawki promieniowania jonizującego efekt pojawia się w sposób nieunikniony, oraz **stochastyczne**, gdy wraz ze wzrostem dawki rośnie prawdopodobieństwo uszkodzenia. Współczesna terminologia **ICRP (International Commission on Radiological Protection)** preferuje określenie **niepożądane reakcje tkankowe (tissue reactions)**, ponieważ lepiej oddaje biologiczną istotę tych skutków. Ze względu na ciągłość terminologiczną i przejrzystość, w niniejszym opracowaniu nadal będzie stosowane tradycyjne pojęcie **skutki deterministyczne**.

1. Skutki deterministyczne

- Następują dopiero po przekroczeniu określonej dawki progowej; w przypadku narażenia na promieniowanie całego ciała u ludzi dawka progowa dla skutków deterministycznych wynosi 0,7 Gy, w przypadku narażenia miejscowego, np. uszkodzenia skóry, wynosi 3–4 Gy, spadek płodności u mężczyzn występuje powyżej 0,5 Gy, u kobiet powyżej 2 Gy,
- Przykładami są popromienne zapalenie skóry, zespół ostrej choroby popromiennej czy uszkodzenie soczewek ocznych,
- W warunkach normalnej eksploatacji, mając na uwadze obliczone dawki, nie zakłada się występowania skutków deterministycznych u ludności.

2. Skutki stochastyczne

- Prawdopodobieństwo wystąpienia, a nie ciężkość, zależy od wielkości dawki (im wyższa dawka, tym wyższe ryzyko).

- Ciężkość skutku jest niezależna od dawki – jeśli skutek już wystąpi (np. rak), ma taką samą ciężkość kliniczną bez względu na to, czy doszło do niego w wyniku niskiej, czy też wysokiej dawki,
- Liniowy model bezprogowy to konserwatywny model regulacyjny na potrzeby ochrony radiologicznej, a nie bezpośrednie epidemiologiczne wykazanie skutku przy każdej mikrodawce; w przypadku niskich dawek (w przedziale $\mu\text{Sv/rok}$ – mSv/rok) ryzyko to jest statystycznie nieistotne i nie można go odróżnić od naturalnej zapadalności na chorobę.

Tab. 1 Porównanie skutków deterministycznych i stochastycznych.

Właściwość	Skutki deterministyczne	Skutki stochastyczne
Przyczyna	Bezpośrednie uszkodzenie dużej liczby komórek	Uszkodzenie pojedynczych komórek (DNA)
Dawka progowa	Tak – skutek nastąpi dopiero po przekroczeniu określonej dawki	Nie – ryzyko istnieje nawet przy bardzo małej dawce
Zależność od dawki	Ciężkość skutku rośnie wraz z dawką	Prawdopodobieństwo skutku rośnie wraz z dawką
Ciężkość skutku	Zależy od wielkości dawki (im wyższa dawka, tym poważniejsze uszkodzenie)	Nie zależy od dawki – jeśli skutek nastąpi, ma taką samą ciężkość
Typowe objawy	Ostra choroba popromienna, rumień skóry, uszkodzenie szpiku kostnego, katarakta	Choroby nowotworowe, mutacje genetyczne (dziedziczne)
Przebieg w czasie	Pojawiają się wkrótce po napromieniowaniu (godziny, dni, tygodnie)	Objawiają się z latencją – od lat do dziesięcioleci
Opis uszczerbku na zdrowiu	Konkretne kliniczne uszkodzenie tkanek/narządów	Zwiększone ryzyko wystąpienia raka lub choroby genetycznej

Ostateczny wynik oddziaływania promieniowania jonizującego na komórkę i tkanki nie jest określony wyłącznie przez mechanizmy uszkodzeń, lecz jest współdeterminowany przez zastosowanie procesów naprawczych, tzw. **mechanizmów naprawczych**. Mechanizmy reparacyjne odgrywają większą rolę w przypadku narażenia na promieniowanie frakcjonowane lub protrahowane.

W przypadku niskich dawek uszkodzenie jest często skutecznie naprawiane, podczas gdy w przypadku wysokich dawek kumuluje się i prowadzi do śmierci komórek lub mutacji. Długoterminowym zagrożeniem są przede wszystkim nowotwory.

1.2 Krótkie wyjaśnienie głównych pojęć, wielkości i jednostek

Promieniotwórczość: Jest to **właściwość substancji, a nie wielkość fizyczna**, opisuje samoistną przemianę jąder atomowych połączoną z emisją promieniowania jonizującego (zjawisko naturalne).

Aktywność: Liczba przemian promieniotwórczych radionuklidu w jednostce czasu. Jest to **wielkość fizyczna** w układzie SI.

Becquerel: Jednostka SI aktywności. Jeden becquerel [Bq] równa się jednej przemianie na sekundę [1/s]. Aktywność masowa mierzona jest w Bq na kilogram [Bq/kg], objętościowa w Bq/m³ lub Bq/l, powierzchniowa w Bq/m², ewentualnie aktywność powierzchniowa w Bq/cm².

Dawka: Ilość energii przekazanej określonej substancji przez promieniowanie jonizujące w objętości o masie jednostkowej. Opisuje skalę skutków promieniowania jonizującego.

Moc dawki: Szybkość, z jaką zmienia się dawka. Jednostką jest gray na sekundę [Gy/s], na godzinę [Gy/h] itd.

Gray: Jednostka SI dawki promieniowania jonizującego, 1 gray [Gy] to dawka pochłonięta, przy której substancja o masie 1 kg pochłonie energię promieniowania jonizującego wynoszącą 1 dżul [J/kg].

Narażenie (narażenie na promieniowanie): wystawienie na działanie promieniowania jonizującego. Napromieniowanie może być zewnętrzne lub wewnętrzne.

Drogi narażenia: Drogi, którymi substancja promieniotwórcza może spowodować napromieniować człowieka.

Równoważnik dawki: Wielkość uwzględniająca różnice w oddziaływaniu różnych rodzajów promieniowania jonizującego na komórki tkanki ludzkiej, wyrażona jako iloczyn dawki i współczynnika wagowego promieniowania dla różnych rodzajów promieniowania. Przy większej gęstości jonizacji skutki promieniowania są większe, czemu odpowiada większy współczynnik wagowy promieniowania. W przypadku promieniowania beta, gamma i rentgenowskiego dawce 1 mGy odpowiada równoważnik dawki wynoszący 1 mSv, natomiast dla cząstek alfa i neutronów, w zależności od ich energii, dawce 1 mGy odpowiada wyższy równoważnik dawki, zgodnie ze współczynnikami wagowymi promieniowania dla tych rodzajów promieniowania.

Dawka skuteczna: Wielkość umożliwiająca ocenę napromieniowania organizmu ludzkiego jako całości, nawet jeśli ciało człowieka jest napromienione nierównomiernie. Dawka skuteczna to suma ważonych tkankowo równoważników dawki w określonych narządach i tkankach. Roczne limity narażenia na promieniowanie ludzi określane są w tej wielkości. Podawane są w jednostkach sievert.

Sievert: Jednostka SI równoważnika dawki i dawki skutecznej, 1 sievert [Sv], to ponownie 1 dżul na kilogram [J/kg], tak samo jak 1 Gy.

Gy i Sv to jednostki różnych wielkości. Gray (Gy) wyraża fizyczny skutek promieniowania, tj. dawkę pochłoniętą, podczas gdy sievert (Sv) wyraża biologiczny skutek promieniowania dla organizmu ludzkiego. Chociaż obie jednostki mają wymiar $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$, nie można ich wzajemnie zamieniać.

Napromieniowanie zewnętrzne: napromieniowanie ciała ludzkiego spowodowane przez źródło promieniowania jonizującego znajdujące się poza ciałem.

Napromieniowanie wewnętrzne: napromieniowanie ciała ludzkiego w wyniku skażenia wewnętrznego radionuklidami przyjętymi do organizmu drogą inhalacji lub spożycia żywności i wody. Miarą napromieniowania wewnętrznego jest dawka skuteczna, jaką osoba otrzyma od radionuklidu w czasie jego przebywania w ciele. Jest ona wyrażona wielkością **obciążenie dawką skuteczną**. **Obciążenie dawką skuteczną** zależy od tzw. wniknięcia, czyli aktywności radionuklidu, który przedostał się do organizmu daną drogą. Organizm po wniknięciu radionuklidu nie jest napromieniany równomiernie. Istnieją narządy i tkanki, w których dany radionuklid gromadzi się preferencyjnie, np. tarczycza zagęszczająca jod promieniotwórczy. Narządy i tkanki, w przypadku których ryzyko uszkodzenia jest wyższe, określa się jako **narządy krytyczne**.

Osoba reprezentatywna: osoba spośród ludności reprezentująca grupę modelową osób fizycznych, które są najbardziej narażone na promieniowanie z danego źródła i daną drogą.

Całociowa skumulowana dawka skuteczna promieniowania jonizującego – suma wszystkich dawek skutecznych, jakie osoba otrzyma w ciągu całego życia z różnych źródeł promieniowania (tło naturalne, badania medyczne, narażenie zawodowe i nadzwyczajne) z różnych źródeł zewnętrznych, a także wewnętrznych.

Całociowe obciążenie radiacyjne – Przy szacowaniu całociowego obciążenia radiacyjnego w niektórych sytuacjach stosuje się scenariusz konserwatywny, który zakłada stałą roczną dawkę skuteczną przez okres 70 lat. Dawka całociowa jest wówczas ustalana jako siedemdziesięciokrotność rocznej dawki. Procedura ta jest stosowana przede wszystkim podczas oceniania długotrwałego narażenia osoby reprezentatywnej i opiera się na założonej długości życia wynoszącej 70 lat.

1.3 Charakterystyka zależności dawka-efekt promieniowania jonizującego

Do oceny zależności dawka-efekt promieniowania jonizującego stosuje się tzw. **liniowy model bezprogowy (LNT)**. Opiera się on na założeniu, że ryzyko wystąpienia skutków stochastycznych jest wprost proporcjonalne do dawki i nie istnieje bezpieczna granica. Podejście to jest konserwatywne i stosuje się je ze względu na zasadę ostrożności w celu ochrony ludności.

Charakterystyka ryzyka wynika z prawdopodobieństwa wystąpienia skutków stochastycznych. ICRP podaje, że ryzyko choroby nowotworowej ze skutkiem śmiertelnym wynosi w przybliżeniu 5% na 1 Sv otrzymanej dawki skutecznej. W przypadku nowotworów bez skutku śmiertelnego oraz skutków genetycznych przyjmuje się niższe wartości.

Do oceny skutków stochastycznych promieniowania jonizującego można zastosować konserwatywną procedurę szacowania ryzyka według ICRP, opublikowaną w raporcie nr 103 (ICRP 103, 2009). Poniżej określono współczynniki ryzyka do szacowania tzw. **uszczerbku na zdrowiu w odniesieniu do skutków stochastycznych niskich dawek promieniowania**.

Na podstawie danych dotyczących zapadalności na raka, współczynniki ryzyka nominalnego odniesione do uszczerbku z powodu choroby nowotworowej wynoszą dla ogółu populacji $5,5 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$, a dla dorosłych pracowników $4,1 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$.

Współczynniki prawdopodobieństwa chorób dziedzicznych odniesione do uszczerbku dotykającego pierwsze dwa kolejne pokolenia wynoszą dla ogółu populacji $0,2 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$, a dla dorosłych pracowników $0,1 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$.

Łączny nominalny współczynnik ryzyka, odniesiony do łącznego uszczerbku w przypadku skutków stochastycznych dla narażenia na promieniowanie o małej mocy dawki, wynosi $5,7 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$.

Ze względu na to, że w analizach epidemiologicznych trudno jest wykryć małe ryzyko, specyficzne dla dawki szacunki ryzyka we wspomnianym raporcie ICRP 103 ustalono przeważnie na podstawie dawek ostrych 200 mSv i wyższych.

Niemniej jednak wiele bardziej problematycznych kwestii w ochronie radiologicznej obejmuje narażenia stałe lub frakcjonowane z jednorazowymi frakcjami o wielkości kilku mSv lub mniejszymi. Badania eksperymentalne skłaniają się ku wnioskowi, że dawki frakcjonowane lub protrahowane są związane z mniejszym ryzykiem, co wskazuje, że specyficzne dla dawki szacunki pochodzące z wysokich dawek przy narażeniu ostrym powinny być w przypadku zastosowań przy niskich dawkach ciągłych lub frakcjonowanych **dzielone przez współczynnik skuteczności dawki i mocy dawki (Dose and dose-rate effectiveness factor, DDREF)**.

Współczynnik skuteczności dawki i mocy dawki jest określonym szacunkowo współczynnikiem, który ogólnie charakteryzuje zwykle niższą skuteczność biologiczną (na jednostkę dawki) przy napromieniowaniu niskimi dawkami i niskimi mocami dawek w porównaniu z napromieniowaniem wysokimi dawkami i wysokimi mocami dawek.

Wartość **DDREF = 2** jest ogólnie kompatybilna z danymi z badań na zwierzętach. Mając na uwadze wszelkie niepewności, Komisja ICRP zaleca, aby wartość DDREF = 2 była nadal stosowana do celów ochrony radiologicznej (ICRP 103, 2009).

Niepewność ta jest głównym powodem, dla którego ogólnie niemożliwe jest określenie wyłącznie na podstawie epidemiologicznej, czy istnieje, czy też nie istnieje zwiększone ryzyko raka przy narażeniu na promieniowanie rzędu kilku dziesięciu mSv i mniej.

Podczas obliczania całozyciowego ryzyka uszczerbku na zdrowiu zastosowano ten sam algorytm obliczeniowy (DDREF = 1), co w raporcie (Kotulán, 2010), by umożliwić porównywanie wyników.

Tab. 2 Nominalne współczynniki ryzyka [μSv^{-1}] odniesione do uszczerbku dla skutków stochastycznych dla narażenia na promieniowanie o niskiej mocy dawki (ICRP 103, 2009), (ICRP, 1991).

Napromieniowana populacja	Rak		Skutki dziedziczne		Łącznie	
	ICRP 103	ICRP 60	ICRP 103	ICRP 60	ICRP 103	ICRP 60
Ogół populacji	5,5	6,0	0,2	1,3	5,7	7,3
Dorośli	4,1	4,8	0,1	0,8	4,2	5,6

Choć nadal nie istnieje bezpośredni dowód na to, że narażenie rodziców na promieniowanie prowadzi do wzrostu chorób dziedzicznych u ich potomstwa, przekonująco udowodniono, że promieniowanie powoduje skutki dziedziczne u zwierząt doświadczalnych (wg ICRP).

Dlatego też ryzyko skutków dziedzicznych nadal włączane jest do systemu ochrony radiologicznej.

UNSCEAR w swoim raporcie z 2012 roku stwierdził, że dowody epidemiologiczne dotyczące skutków zdrowotnych przy dawkach skutecznych poniżej 100 mSv są ograniczone i niepewne, przez co ewentualny wzrost ryzyka zdrowotnego jest na tym poziomie narażenia trudny do udowodnienia (UNSCEAR, 2012).

Wskazuje też m.in., że niepewności wokół niskich dawek są na tyle duże, że UNSCEAR „**nie zaleca mnożenia niskich dawek przez dużą liczbę osób w celu oszacowania liczby skutków zdrowotnych wywołanych promieniowaniem w populacji narażonej na niskie dawki na poziomie tła naturalnego**”.

W przypadku typowych wartości dawek skutecznych dla ludności w okolicach EJ, które są rzędu kilku μSv rocznie, wzrost ryzyka **dla skutków stochastycznych** w skali statystycznej jest **całkowicie pomijalny**. Badania epidemiologiczne wśród mieszkańców zamieszkujących w pobliżu obiektów jądrowych nie potwierdziły zwiększonego występowania raka, jeśli elektrownia pracuje w trybie normalnej eksploatacji.

W warunkach normalnej eksploatacji i w przypadku przyjętych poziomów narażenia nie zakłada się skutków deterministycznych, ponieważ dawki pozostają głęboko poniżej wartości progowych potrzebnych do ich powstania. Ryzyka są oceniane za pomocą konserwatywnych modeli, które celowo przeszacowują możliwe obciążenie radiacyjne, aby zapewnić wystarczający poziom ochrony ludności.

1.4 Zasady i cele ochrony radiologicznej

Głównym celem ochrony radiologicznej jest **chronienie człowieka i przyszłych pokoleń przed szkodliwymi skutkami promieniowania jonizującego, a mianowicie:**

1. **Zapobieganie skutkom deterministycznym** – czyli ochrona przed na tyle wysokimi dawkami, które prowadziłyby do pewnego uszkodzenia tkanek (np. oparzenia radiacyjne, uszkodzenie układu krwiotwórczego).
2. **Ograniczanie skutków stochastycznych** – czyli zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia nowotworów i chorób dziedzicznych do najniższego, racjonalnie osiągalnego poziomu.
3. **Ochrona również środowiska naturalnego**, by pośrednio nie zagrażało zdrowiu ludzi.

Celem zdrowotnym ochrony radiologicznej jest zatem zapobiegnięcie wystąpieniu skutków deterministycznych i minimalizowanie prawdopodobieństwa skutków stochastycznych, a osiąga się to za pomocą czterech zasad: **uzasadnienia, optymalizacji (ALARA), przestrzegania limitów i zabezpieczenia źródeł.**

Podstawowe zasady ochrony radiologicznej

Uzasadnienie (Justification)

- Nie wolno wprowadzić żadnego zastosowania promieniowania jonizującego, jeżeli **korzyść nie przeważa nad ryzykiem.**

Przykład: Eksploatacja elektrowni jądrowej jest pod względem ochrony radiologicznej akceptowalna, ponieważ dawki napromieniowania pracowników, a także ludności są stale utrzymywane głęboko poniżej określonych limitów i są dalej minimalizowane zgodnie z zasadą ALARA. Całociągowa skumulowana dawka z eksploatacji nie stanowi istotnego wzrostu ryzyka zdrowotnego w porównaniu z naturalnym tłem radiacyjnym. Korzyści z eksploatacji elektrowni jądrowej przewyższają potencjalne ryzyka, co oznacza, że wymóg uzasadnienia został spełniony.

Optymalizacja (ALARA – As Low As Reasonably Achievable)

- Dawki promieniowania muszą być **jak najniższe, na ile to racjonalnie osiągalne**, z uwzględnieniem możliwości technicznych, czynników ekonomicznych i społecznych.
- Nie chodzi o to, by dawkę jedynie zmniejszyć, lecz o znalezienie **optymalnej równowagi między jakością, kosztami i ochroną.**

Przestrzeganie limitów (Dose Limitation)

- Nikt nie może być narażony na dawki wyższe niż **ustalone limity.**

- Limity te dotyczą zarówno pracowników narażonych na promieniowanie, jak i ogółu społeczeństwa.
- Wyjątek: pacjenci poddawani badaniu lub leczeniu – w ich przypadku limit nie obowiązuje, ponieważ dawka jest „uzasadniona korzyścią terapeutyczną”. Pacjenci nie mają żadnych limitów, lecz monitoruje się u nich **poziomy referencyjne** jako narzędzie optymalizacji.

Zasada zabezpieczenia źródła (Security of source)

Celem jest zapewnienie, by promieniowanie jonizujące lub radionuklidy nie dostały się w niepowołane ręce i nie zostały nielegalnie wykorzystane.

Dotyczy głównie

- kontroli i ewidencji substancji i źródeł promieniotwórczych (np. w szpitalach, laboratoriach, przemyśle),
- ochrony fizycznej stanowisk pracy, na których źródła są przechowywane lub stosowane,
- zapobiegania utracie lub kradzieży źródeł („orphan sources” – porzucone źródła stanowią duże ryzyko, gdy znajdują się poza kontrolą),
- zabezpieczenia podczas transportu materiałów promieniotwórczych.

Zasada ta ma zatem charakter raczej **bezpieczeństwa fizycznego** (security) niż **bezpieczeństwa radiologicznego** (safety), lecz stanowi integralną część ogólnego systemu ochrony radiologicznej.

Zasady ochrony radiologicznej są ogólnymi warunkami wykonywania działalności związanych z wykorzystywaniem energii jądrowej, działalności w ramach sytuacji narażenia i są uregulowane w **§ 62 ustawy Prawo atomowe**, gdzie wskazano: *„Każdy, kto wykonuje działalność w ramach planowanej sytuacji narażenia, jest zobowiązany do ograniczenia napromieniowania osoby fizycznej w taki sposób, by łączne napromieniowanie spowodowane połączeniem napromieniowania od tych działalności było uzasadnione, zoptymalizowane i nie przekraczało w sumie limitów napromieniowania.”* (Česko, 2016).

1.5 Limity w ochronie radiologicznej

Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej (ICRP) określa zalecane limity dawek. Są one wdrażane do przepisów prawnych poszczególnych państw. Ochrona mieszkańców w Republice Czeskiej jest uregulowana prawnie w ustawie Prawo atomowe (ustawa nr 263/2016 Dz.U., z późniejszymi zmianami) oraz w jej przepisach wykonawczych, w szczególności w rozporządzeniu nr 422/2016 Dz.U., w sprawie ochrony radiologicznej i zabezpieczenia źródła radionuklidowego (Česko, 2016), (Česko, 2016a).

Limitem napromieniowania jest wskaźnik ilościowy służący do ograniczenia łącznego napromieniowania osoby fizycznej w wyniku działalności w ramach planowanych sytuacji narażenia.

Limity napromieniowania:

- **Ogólne limity dla mieszkańców** – odnoszą się do napromieniowania z wszelkich działalności prowadzących do napromieniowania, oprócz wyżej wymienionych napromieniowań, napromieniowania medycznego, napromieniowania osób uczestniczących w interwencjach w przypadku zdarzenia radiacyjnego oraz przypadków napromieniowania, do których stosuje się limity szczególne. Te ogólne limity stosuje się do średniego napromieniowania w grupie krytycznej mieszkańców dla wszystkich dróg napromieniowania i ze wszystkich działalności.
- **Limity dla pracowników narażonych na promieniowanie** pracujących ze źródłami – odnoszą się do napromieniowania, na które są narażeni w bezpośrednim związku z wykonywaną pracą, tj. pracownicy kategorii A lub B.
- **Limity dla uczniów i studentów** – odnoszą się do napromieniowania, na które świadomie, dobrowolnie i po pouczeniu o związanych z tym ryzykach, narażone są osoby w okresie ich specjalistycznego przygotowania do wykonywania zawodu związanego ze źródłami promieniowania jonizującego.

Podstawowe limity ogólne:

- dla sumy dawek skutecznych od napromieniowania zewnętrznego i obciążeń dawką skuteczną od napromieniowania wewnętrznego wartość **1 mSv na rok kalendarzowy**,
- dla równoważnika dawki w soczewce oka wartość **15 mSv na rok kalendarzowy**,
- dla średniego równoważnika dawki na każdy 1 cm² skóry wartość **50 mSv na rok kalendarzowy**, bez względu na rozmiar napromieniowanej powierzchni.

Podstawowe limity dla pracowników narażonych na promieniowanie:

- Dla sumy dawek skutecznych z napromieniowania zewnętrznego i obciążeń dawką skuteczną z napromieniowania wewnętrznego – **20 mSv na rok kalendarzowy**, lub wartość zatwierdzona przez Państwowy Urząd Bezpieczeństwa Jądrowego zgodnie z § 63 ust. 4 ustawy Prawo atomowe. Najwyżej jednak **100 mSv** na pięć kolejnych lat kalendarzowych i jednocześnie dla jednego roku kalendarzowego **50 mSv**.
- Dla równoważnika dawki w soczewce oka – **100 mSv** na pięć kolejnych lat kalendarzowych i jednocześnie dla jednego roku kalendarzowego **50 mSv**.
- Dla średniego równoważnika dawki na każdy 1 cm² skóry - **500 mSv** na rok kalendarzowy, bez względu na rozmiar napromieniowanej powierzchni.

Limity dla pracowników narażonych na promieniowanie odnoszą się do narażenia zawodowego, tj. do napromieniowania, na które są narażeni w bezpośrednim związku z wykonywaną pracą.

Limity dla pracowników narażonych na promieniowanie odnoszą się do sumy dawek z wszystkich dróg napromieniowania i przy wszystkich czynnościach zawodowych, które pracownik narażony

na promieniowanie wykonuje u jednego, bądź równolegle u kilku posiadaczy zezwolenia na prowadzenie działalności ze źródłami promieniowania jonizującego lub które wykonuje również jako samodzielny posiadacz zezwolenia na prowadzenie działalności ze źródłami promieniowania jonizującego

Limity dla pracowników narażonych na promieniowanie uważa się za nieprzekroczone, jeśli nie zostały przekroczone wskaźniki ilościowe wyrażone w wielkościach mierzalnych (zwanych dalej „limitami pochodnymi”).

Limity pochodne dla napromieniowania zewnętrznego:

- dla **indywidualnego równoważnika dawki na głębokości 0,07 mm** wartość **500 mSv** na rok kalendarzowy,
- dla **indywidualnego równoważnika dawki na głębokości 3 mm** wartość **20 mSv** na rok kalendarzowy,
- dla **indywidualnego równoważnika dawki na głębokości 10 mm** wartość **20 mSv** na rok kalendarzowy,

Limity pochodne dla napromieniowania wewnętrznego na rok kalendarzowy dla wniknięcia radionuklidów:

- w wyniku spożycia:
 - **Wartość ilorazu 20 mSv i współczynnika konwersji h_{ing}** dla wniknięcia danego radionuklidu w wyniku spożycia przez pracownika narażonego na promieniowanie,
- w wyniku inhalacji:
 - **wartość ilorazu 20 mSv i współczynnika konwersji h_{inh}** dla wniknięcia danego radionuklidu w wyniku inhalacji przez pracownika narażonego na promieniowanie.

Ustawa Prawo atomowe nr 263/2016 Dz.U. wprowadziła wymóg określenia tzw. **ograniczników dawki**, tzw. **DOM**.

Ogranicznik dawki to granica przewidywanych dawek indywidualnych określona do celów optymalizacji ochrony radiologicznej dla odpowiedniego źródła w planowanych sytuacjach narażenia.

Podczas określania ogranicznika dawki dla działalności radiacyjnej lub źródła promieniowania jonizującego należy uwzględnić:

- dotychczasowe doświadczenia z podobnymi działalnościami i źródłami promieniowania jonizującego w taki sposób, by poziom ochrony radiologicznej nie był niższy niż już osiągnięty,
- wpływy innych działalności i źródeł promieniowania jonizującego w taki sposób, by nie groziło przekroczenie limitów napromieniowania.

Dla danego źródła stanowi to górną granicę optymalizacji. Górną granicę optymalizacji można porównać do poziomu badawczego na rok (nie jest to limit!). W przypadku przekroczenia granicy

optymalizacji jedynie bada się, dlaczego doszło do przekroczenia, ponieważ w normalnych okolicznościach przekroczenie nie jest zakładane.

Ograniczniki dawki są określone:

- dla pracownika narażonego na promieniowanie – posiadacz zezwolenia,
- dla ludności – regulator.
-

Każdy, kto prowadzi działalność w ramach PES (planowanej sytuacji narażenia), jest zobowiązany – w celu optymalizacji napromieniowania ludności – do przestrzegania ograniczników dawki dla osoby reprezentatywnej – **0,25 mSv/rok**.

Zgodnie z § 82 ust. 1 ustawy nr 263/2016 Dz.U., Prawo atomowe, ze zmianami wprowadzonymi ustawą nr 83/2025 Dz.U., przy optymalizacji ochrony radiologicznej ludności stosuje się ogranicznik dawki dla osoby reprezentatywnej wynoszące 0,25 mSv na rok kalendarzowy. W przypadku energetycznego obiektu jądrowego wspomniany ogranicznik dawki obowiązuje łącznie dla wszystkich obiektów jądrowych na danym obszarze przeznaczonym pod usytuowanie obiektu jądrowego. Jednocześnie określono wartość 0,20 mSv na rok dla uwolnień substancji promieniotwórczych do atmosfery oraz 0,05 mSv na rok dla uwolnień do wód powierzchniowych (Česko, 2025).

Jednocześnie dla obiektu energetycznego obowiązuje:

- **0,20 mSv/rok** dla uwolnień do atmosfery,
- **0,05 mSv/rok** dla uwolnień do wód powierzchniowych.

Zezwolenie na uwalnianie substancji promieniotwórczych w warunkach normalnej eksploatacji wydaje operatorom Państwowy Urząd Bezpieczeństwa Jądrowego (SÚJB). Na podstawie modeli rozprzestrzeniania się radionuklidów w środowisku i modeli obliczeń dawek dla człowieka określa się tzw. równoważnik dawki skutecznej dla mieszkańców zamieszkujących najbliżej elektrowni jądrowej. SÚJB określił dla obu naszych elektrowni jądrowych tzw. **limity autoryzowane**. Dla EJ Temelín (ETE1,2) wynoszą:

- dla uwolnień gazowych **10 μ Sv/rok**,
- dla ciekłych **4 μ Sv/rok**.

1.6 Poszczególne składniki obciążenia radiacyjnego ludności

Od momentu powstania Ziemi jej środowisko, w tym wszystkie żywe stworzenia, jest narażone na promieniowanie jonizujące, zarówno z przestrzeni kosmicznej, jak i z materiału promieniotwórczego zawartego w skorupie ziemskiej i w jądrze Ziemi. Promieniotwórczość stanowi integralną część naszej Ziemi – istnieje od zawsze. Naturalnie występujące materiały promieniotwórcze są obecne w jej skorupie, w podłogach i ścianach naszych domów, szkół lub biur, a także w żywności, którą spożywamy i pijemy. W powietrzu, którym oddychamy, znajdują się gazy promieniotwórcze. Nasze własne ciała – mięśnie, kości i tkanka – zawierają naturalnie występujące pierwiastki promieniotwórcze.

Do oceny stopnia łącznego uszkodzenia stosuje się wielkość: **dawka skuteczna** od napromieniowania zewnętrznego i **obciążenie dawką skuteczną** dla skażenia wewnętrznego, którą otrzymuje człowiek.

Łączną dawkę skuteczną od napromieniowania zewnętrznego i obciążenie dawką skuteczną dla skażenia wewnętrznego będziemy sumarycznie określać jako **łączne obciążenie radiacyjne** (względnie narażenie na promieniowanie).

Pod względem usytuowania źródła promieniowania jonizującego rozróżnia się dwie grupy:

- obciążenie radiacyjne od napromieniowania zewnętrznego,
- obciążenie radiacyjne od skażenia wewnętrznego (napromieniowania wewnętrznego).

Pod względem pochodzenia źródła promieniowania jonizującego rozróżnia się ponadto:

- obciążenie radiacyjne od naturalnych źródeł promieniowania jonizującego,
- obciążenie radiacyjne od sztucznych źródeł promieniowania jonizującego.

Tab. 3 Główne źródła obciążenia radiacyjnego ludności od źródeł naturalnych.

Źródło narażenia	Narażenie na promieniowanie		
	Napromieniowanie wewnętrzne		Napromieniowanie zewnętrzne
	Inhalacja/Spożycie	Inhalacja Rn	
Naturalne radionuklidy (radionuklidy ziemskie)	Napromieniowanie wewnętrzne radionuklidami ziemskimi (oprócz Rn)	Napromieniowanie wewnętrzne radonem ^{222}Rn oraz produktami jego rozpadu	Napromieniowanie zewnętrzne radionuklidami ziemskimi
		Napromieniowanie wewnętrzne radonem ^{220}Rn oraz produktami jego rozpadu	
Promieniowanie kosmiczne i radionuklidy kosmogeniczne	Napromieniowanie wewnętrzne radionuklidami kosmogenistycznymi	Napromieniowanie wewnętrzne radionuklidami kosmogenistycznymi	Promieniowanie kosmiczne

1.6.1 Obciążenie radiacyjne od naturalnych źródeł promieniowania jonizującego

Dawka spowodowana promieniowaniem kosmicznym zależy zasadniczo od wysokości nad poziomem morza, w związku z czym kraje nisko położone, na przykład Holandia, Dania i Kraje Bałtyckie, są mniej narażone na oddziaływanie niż Turcja, Szwajcaria lub Austria. Średnia wartość dawki skutecznej od promieniowania kosmicznego szacowana dla UE wynosi 0,34 mSv/rok, globalnie szacuje się ją na **0,38 mSv/rok**. Dla krajów europejskich waha się od 0,31 mSv/rok w Danii, Estonii, Finlandii, Irlandii, Łotwie, Holandii i Szwecji do 0,41 mSv/rok w Szwajcarii i 0,42

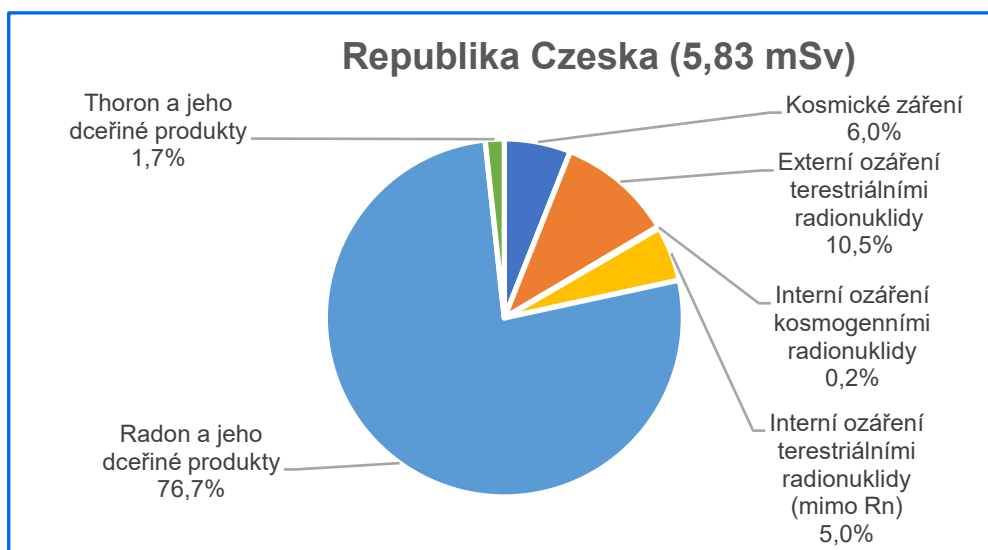
mSv/rok w Turcji. Dla Republiki Czeskiej szacowana jest na **0,35 mSv/rok**. Dla napromieniowania zewnętrznego radionuklidami lądowymi dawkę skuteczną szacuje się na **0,61 mSv/rok** (Cinelli, 2019). Średnia roczna dawka skuteczna na jednego mieszkańca od tła naturalnego wynosi zatem łącznie około **1 mSv rocznie** (0,96 mSv), co odpowiada mocy przestrzennego równoważnika dawki około **115 nSv/h**.

W przypadku narażenia na radionuklidy naturalne największe obciążenie radiacyjne jest spowodowane skażeniem wewnętrznym, a mianowicie **radonem** i produktami jego rozpadu. W kolejnej części opracowania termin radon będzie używany w odniesieniu do izotopu ^{222}Rn , który jest najistotniejszy dla danego zagadnienia. Termin toron oznacza izotop ^{220}Rn .

Dawki od radonu i produktów jego rozpadu są w krajach europejskich głównymi elementami wkładu w narażenie i na poziomie europejskim stanowią około 60% łącznej dawki 3,2 mSv/rok, w porównaniu do około 50% łącznej średniej dawki globalnej, wynoszącej 2,4 mSv/rok. Szacunek dawki skutecznej ze skażenia wewnętrznego radonem i produktami jego rozpadu dla RCz wynosi **4,47 mSv/rok**. W Europie łączny szacunek obciążenia radiacyjnego ze źródeł naturalnych waha się od 1,48 mSv/rok w Holandii aż do **5,83 mSv/rok w RCz**, względnie 6,16 mSv/rok w Finlandii (Cinelli, 2019).

Tab. 4 Szacunek średniej rocznej dawki skutecznej [mSv] od tła naturalnego na jednego mieszkańca w wybranych państwach (Cinelli, 2019)

Kraj	Średnia roczna dawka skuteczna [mSv] na jednego mieszkańca od naturalnego tła						
	Napromieniowanie zewnętrzne		Inhalacja/Spożycie		Inhalacja Rn		Łącznie
	Promieniowanie kosmiczne	Napromieniowanie zewnętrzne radionuklidami ziemskimi	Napromieniowanie wewnętrzne radionuklidami kosmogenicznymi	Napromieniowanie wewnętrzne radionuklidami ziemskimi (oprócz Rn)	Radon ²²² Rn i produkty jego rozpadu	Radon ²²⁰ Rn i produkty jego rozpadu	
RCz	0,35	0,61	0,01	0,29	4,47	0,1	5,83
USA	0,33	0,2	0,01	0,29	2,18	0,1	3,11
UE	0,34	0,5	0,01	0,29	1,96	0,1	3,20
Świat	0,38	0,48	0,01	0,29	1,15	0,1	2,41



Thoron a jeho dceřinné produkty	Toron i produkty jeho rozpadu
Kosmické záření	Promieniowanie kosmiczne
Externí ozáření terestriálními radionuklidy	Napromieniowanie zewnętrzne radionuklidami ziemskimi
Interní ozáření kosmogenními radionuklidy	Napromieniowanie wewnętrzne radionuklidami kosmogenicznymi
Interní ozáření terestriálními radionuklidy (mimo Rn)	Napromieniowanie wewnętrzne radionuklidami ziemskimi (oprócz Rn)
Radon a jeho dceřiné produkty	Radon i produkty jeho rozpadu

Obr. 1 Údíl vážené střední roční dávky skutečné [%] od různých naturalních zdrojů promíňování v łącznej dawce skutečné dla Republiki Czeskiej¹ (Podzimek, 2024).

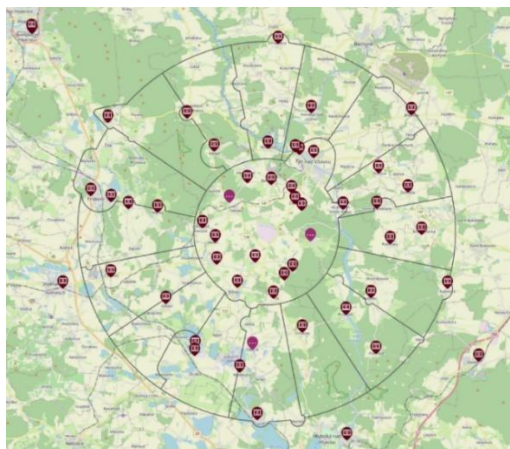
Z przedstawionych tabel i obrazka wynika, że decydujący udział w obciążeniu radiacyjnym od źródeł naturalnych w Republice Czeskiej mają radon i produkty jego rozpadu.

1.6.2 Obciążenie radiacyjne od naturalnych źródeł na przedmiotowym obszarze Temelín

- napromieniowanie zewnętrzne

¹ Jest to ważona średnia wartości w danych jednostkach osadniczych według liczby mieszkańców w danej jednostce osadniczej.

Podstawowym źródłem są dane z Monitoringu Sytuacji Radiacyjnej na Terytorium Republiki Czeskiej (**MonRaS**), który jest zapewniany przede wszystkim za pośrednictwem ogólnokrajowej **Sieci Monitoringu Radiacyjnego** – sieci wczesnego ostrzegania i sieci pomiarów integralnych.



Obr. 2 Rozlokowanie punktów pomiarowych w MonRaS w okolicach EJ ETE.

Tab. 5 Średnie kwartalne wartości mocy przestrzennego równoważnika dawki nSv/h zmierzone przez lokalną sieć pomiarów integralnych (TLD) w okolicach EJ Temelín oraz na obszarze RCz w 2025 roku (SÚJB, 2026b).

Miejsce pomiaru	1. kwartał	2. kwartał	3. kwartał	4. kwartał
Dívčice	132	127	131	138
Hluboká nad Vltavou	114	121	130	124
Litoradlice	117	119	123	128
Mydlovary	128	120	132	129
Olešník	120	124	131	125
Protivín	150	149	157	157
Radonice	116	120	120	126
Ševětín	156	157	156	167
Temelín	117	119	124	125
Týn nad Vltavou	133	129	132	138
Vodňany	135	140	142	143

Terytorium RCz				
Brno	115	115	118	124
Brno b	132	135	140	135
České Budějovice	128	132	125	138
České Budějovice b	159	154	161	156
Hradec Králové	100	93	92	99
Hradec Králové b	101	100	97	102
Jihlava	116	122	127	130
Jihlava b	162	162	168	163
Karlovy Vary	131	136	139	136
Terytorium RCz				
Miejsce pomiaru	1. kwartał	2. kwartał	3. kwartał	4. kwartał
Karlovy Vary b	82	76	78	81
Liberec	169	171	168	179
Liberec b	155	156	157	167
Olomouc	88	88	90	94
Olomouc b	107	104	110	109
Ostrava – Syllabova	93	100	90	109
Ostrava – Syllabova b	157	158	161	160
Pardubice	99	101	93	106
Plzeň	108	107	106	110
Plzeň b	121	123	123	128
Praha 1 – SÚJB	108	106	100	105
Praha 1 – SÚJB b	117	119*	–	125
Praha 4 – SÚRO	112	114	108	114

Praha 4 – SÚRO b	126	121	120	126
Ústí nad Labem – Habrovice	79	77	80	81
Ústí nad Labem – Habrovice b	137	122	121	136
Zlín	97	102	109	104
Zlín b	85	94	94	97

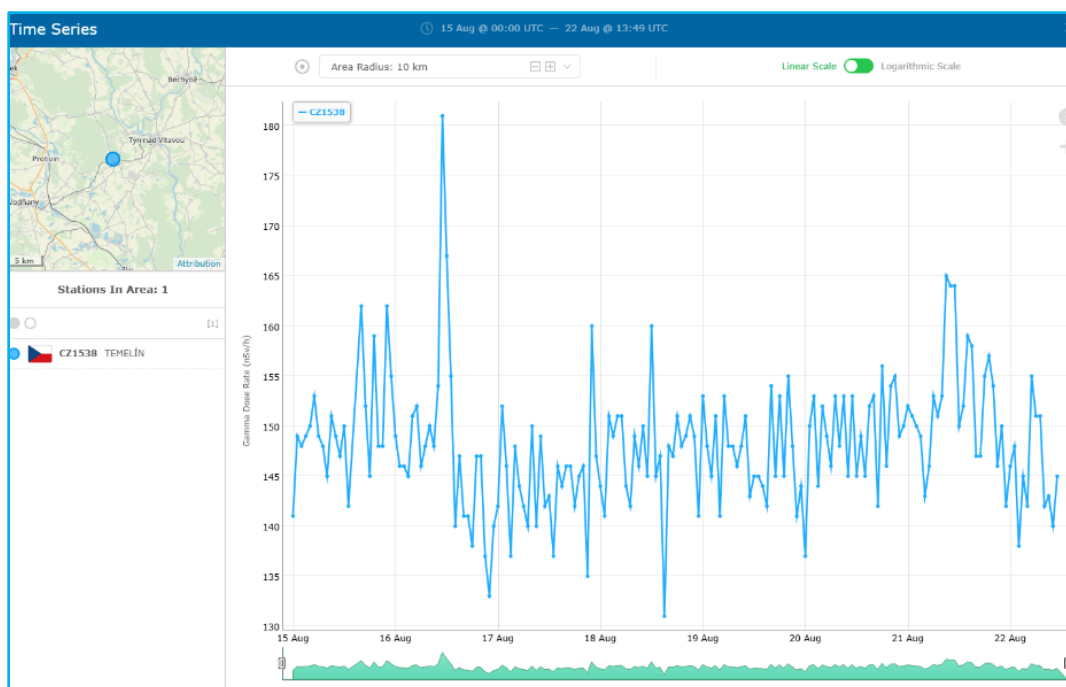
W tabeli 5 zaprezentowano wyniki monitorowania okolic EJ Temelín, które prowadzi resort SÚJB, i zostały one podane w raporcie rocznym SÚJB za rok 2025 (SÚJB, 2026b).

Średnie kwartalne wartości mocy przestrzennego równoważnika dawki (PPDE) w 2025 roku w okolicach EJ Temelín wahały się w przedziale od **114 do 167 nSv/h**. Najniższą wartość zmierzono w miejscowości **Hluboká nad Vltavou** w 1. kwartale (114 nSv/h), a najwyższą w miejscowości **Ševětín** w 4. kwartale (167 nSv/h). Dla porównania, w ramach całej sieci terytorialnej pomiarów integralnych na terytorium RCz odnotowano wartości od **76 nSv/h** (Karlovy Vary b) do **179 nSv/h** (Liberec) (SÚJB, 2026b).

Z dotychczasowych wyników wynika, że zmierzone wartości wykazują pewne wahania, spowodowane przede wszystkim daną lokalizacją, wpływami sezonowymi, zmianą pogody itp. Zmierzone wartości w przedmiotowym punkcie odpowiadają wskazanemu przedziałowi wartości dla całej Republiki Czeskiej.

W ciągu 2025 roku nie odnotowano przypadków przekroczenia poziomów monitorowania. Wyniki pomiarów pozyskiwane w Sieci Wczesnego Ostrzegania (SVZ) oraz przez sieć terytorialną dozymetrów termoluminescencyjnych (TLD) w 2025 roku były, podobnie jak w latach ubiegłych, wzajemnie porównywalne.

Średnia moc przestrzennego równoważnika dawki w miejscu pomiarowym Temelín w 2025 roku wyniosła **121,3 nSv/h**. W przypadku założenia nieprzerwanego przebywania w danym miejscu, wartość ta odpowiada rocznemu przestrzennemu równoważnikowi dawki około **1,06 mSv**. Ponieważ dla promieniowania fotonowego w warunkach narażenia zewnętrznego można na potrzeby oceny orientacyjnej uznać wartość przestrzennego równoważnika dawki za w przybliżeniu równą dawce skutecznej, zmierzona moc odpowiada dawce skutecznej około **1,06 mSv na rok**.



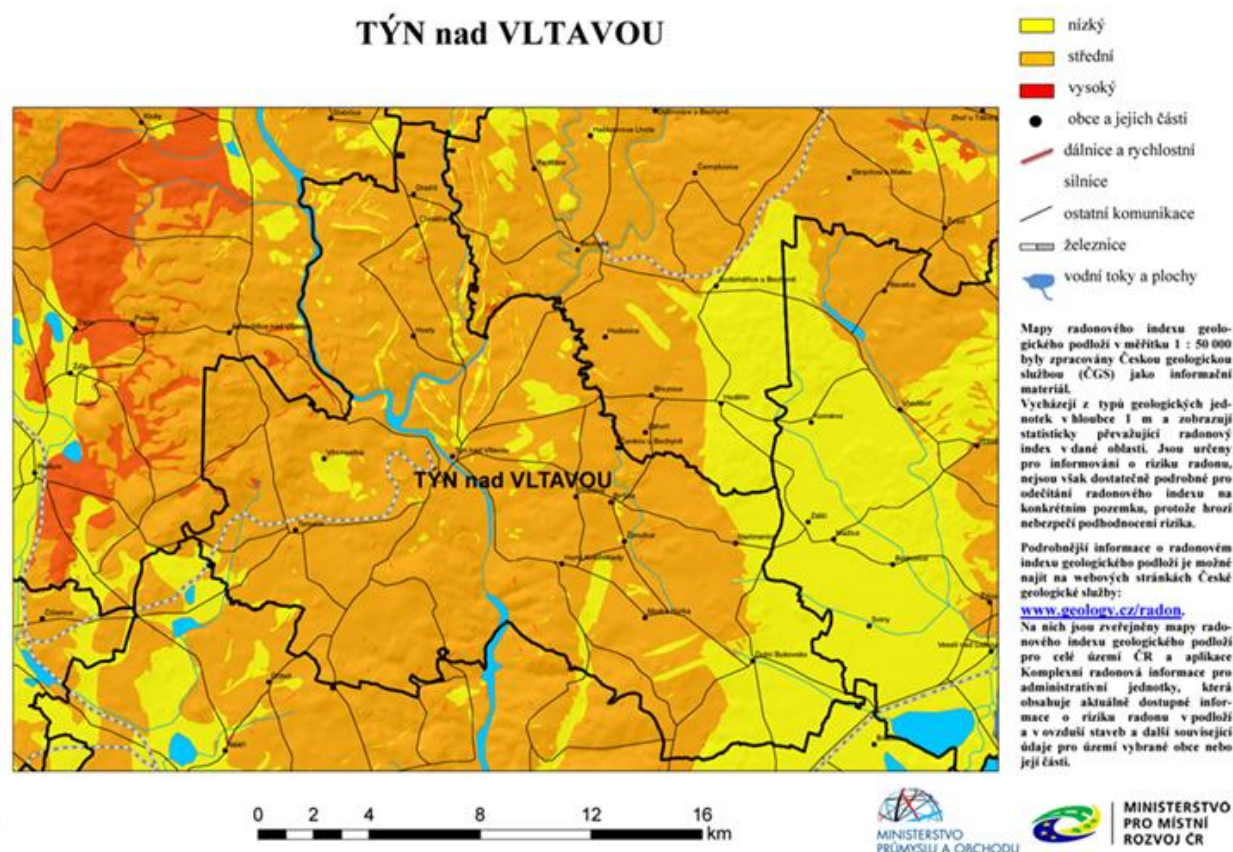
Obr. 3 Moc fotonowego równoważnika dawki (PFDE) w lokalizacji Temelín według europejskiej bazy danych EURDEP w okresie 15–22.08.2025 r.

Obr. 3 pokazuje przebieg czasowy mocy równoważnika dawki otoczenia H(10) mierzonej przez automatyczną stację monitorującą w lokalizacji Temelín. Dane zostały przejęte z europejskiej bazy danych EURDEP (European Radiological Data Exchange Platform) i przetworzone jako szereg czasowy wartości w jednostkach $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ za monitorowany okres 2025 roku. Wybrany okres jest uważany za reprezentatywny do oceny sytuacji radiacyjnej w lokalizacji, ponieważ obejmuje normalne warunki eksploatacji i rejestruje sezonowe zmiany naturalnego tła radiacyjnego. Obserwowane wahania wartości mocy dawki odpowiadają przede wszystkim naturalnym zmianom tła radiacyjnego, w szczególności wpływu warunków meteorologicznych i zmiennej zawartości naturalnych radionuklidów w środowisku.

- **skażenie wewnętrzne**

Lokalizacja Temelín znajduje się na obszarze o średnim indeksie radonowym, który wyraża potencjał radonowy podłoża geologicznego. Rzeczywiste narażenie mieszkańców na radon zależy jednak przede wszystkim od stężenia radonu w atmosferze wewnętrznej budynków i dlatego nie można go bezpośrednio określić na podstawie indeksu radonowego. Według krajowych danych dotyczących narażenia ludności na promieniowanie, inhalacja radonu (^{222}Rn), toronu (^{220}Rn) i produktów ich przemiany stanowi średnią roczną dawkę skuteczną około **4,57 mSv**. Wkład inhalacji i spożycia pozostałych naturalnych radionuklidów ziemskich wynosi około 0,3 mSv rocznie na mieszkańca.

Łączne roczne **obciążenie radiacyjne od źródeł naturalnych** w lokalizacji Temelín można oszacować na **5,93 mSv rocznie**, co odpowiada również szacowanej wartości dla całej Republiki Czeskiej (**5,83 mSv**) (Cinelli, 2019).



Obr. 4 Indeks radonowy w lokalizacji Týn nad Vltavou (ČGS, mapy.geology.cz/radon/, 2023).

TÝN nad VLTAVOU	TÝN nad VLTAVOU
Nízký	Niski
Střední	Średni
Vysoký	Wysoki
Obce a jejich části	Miejscowości oraz ich części
Dálnice a rychlostní silnice	Autostrady i drogi ekspresowe
Ostatní komunikace	Pozostałe drogi
Železnice	Kolej
Vodní toky a plochy	Cieki i zbiorniki wodne
Mapy radonového indexu geologického podloží v měřítku 1 : 50 000 byly zpracovány Českou geologickou službou (ČGS) jako informační materiál.	Mapy indeksu radonowego podłoża geologicznego w skali 1: 50 000 zostały opracowane przez Czeską Służbę

	Geologiczną (ČGS) jako materiał informacyjny.
Vycházejí z typu geologických jednotek v hloubce 1 m a zobrazují statisticky převažující radonový index v dané oblasti. Jsou určeny pro informování o riziku radonu, nejsou však dostatečně podrobné pro odečítání radonového indexu na konkrétním pozemku, protože hrozí nebezpečí podhodnocení rizika.	Opierają się one na typie jednostek geologicznych na głębokości 1 m i przedstawiają statystycznie dominujący indeks radonowy na danym obszarze. Są one przeznaczone do informowania o ryzyku radonowym, nie są jednak wystarczająco szczegółowe do odczytywania indeksu radonowego na konkretnej działce, ponieważ istnieje niebezpieczeństwo niedoszacowania ryzyka.
Podrobnější informace o radonovém indexu geologického podloží je možné najít na webových stránkách České geologické služby: www.geology.cz/radon	Bardziej szczegółowe informacje o indeksie radonowym podłoża geologicznego można znaleźć na stronie internetowej Czeskiej Służby Geologicznej: www.geology.cz/radon .
Na nich jsou zveřejněny mapy radonového indexu geologického podloží pro celé území ČR a aplikace Komplexní radonová informace pro administrativní jednotky, která obsahuje aktuálně dostupné informace o riziku radonu v podloží a v ovzduší staveb a další související údaje pro území vybrané obce nebo její části.	Publikowane są na niej mapy indeksu radonowego podłoża geologicznego dla całego terytorium RCz oraz aplikacja Kompleksowa informacja radonowa dla jednostek administracyjnych, która zawiera aktualnie dostępne informacje o ryzyku radonowym w podłożu i w atmosferze obiektów budowlanych oraz inne powiązane dane dla obszaru wybranej gminy lub jej części.

1.6.3 Obciążenie radiacyjne od sztucznych źródeł promieniowania jonizującego

- **napromieniowanie zewnętrzne**

Obciążenie radiacyjne od sztucznych źródeł promieniowania jonizującego obejmuje obciążenie przede wszystkim z następujących obszarów:

- **badanie lekarskie** – diagnostyka np. RTG, CT lub medycyna nuklearna,
- **eksploatacja reaktorów jądrowych i badawczych** – np. Dukovany, Temelín, reaktory badawcze w miejscowości Řež i w Pradze,
- **wydobycie kopalin i likwidacja lokalizacji uranowych,**

- **inne źródła przemysłowe (napromienianie żywności, sterylizacja),**
- **opad z awarii jądrowych i testów jądrowych w atmosferze.**

Roczna dawka skuteczna na jednego mieszkańca planety od narażenia medycznego w pierwszej dekadzie dwudziestego pierwszego wieku wynosiła **0,62 mSv**, przeważnie w wyniku diagnostycznych badań rentgenowskich. Wkład z diagnostycznych badań medycyny nuklearnej wynosił zaledwie 5%. Sytuację w Republice Czeskiej opisuje publikacja SÚJB Ocena narażenia medycznego z 2021 roku (Petrová, 2021).

Dawka dla populacji od narażenia medycznego dla RCz została zaktualizowana na rok 2019 i mając na uwadze obecną częstotliwość poszczególnych badań, stanowi wartość **1,16 mSv** na 1 mieszkańca RCz. Średnią roczną dawkę skuteczną na mieszkańca w RCz od medycyny nuklearnej można oszacować na około **0,1 mSv**, a średnia roczna dawka skuteczna od zastosowań medycznych szacuje się wówczas na około na **1,3 mSv**.

Ocena **obciążenia radiacyjnego** w Republice Czeskiej **od zastosowań przemysłowych** jest regularnie przedstawiana w raportach rocznych SÚJB (SÚJB, 2026b). W **raporcie rocznym za 2025 rok** stwierdzono:

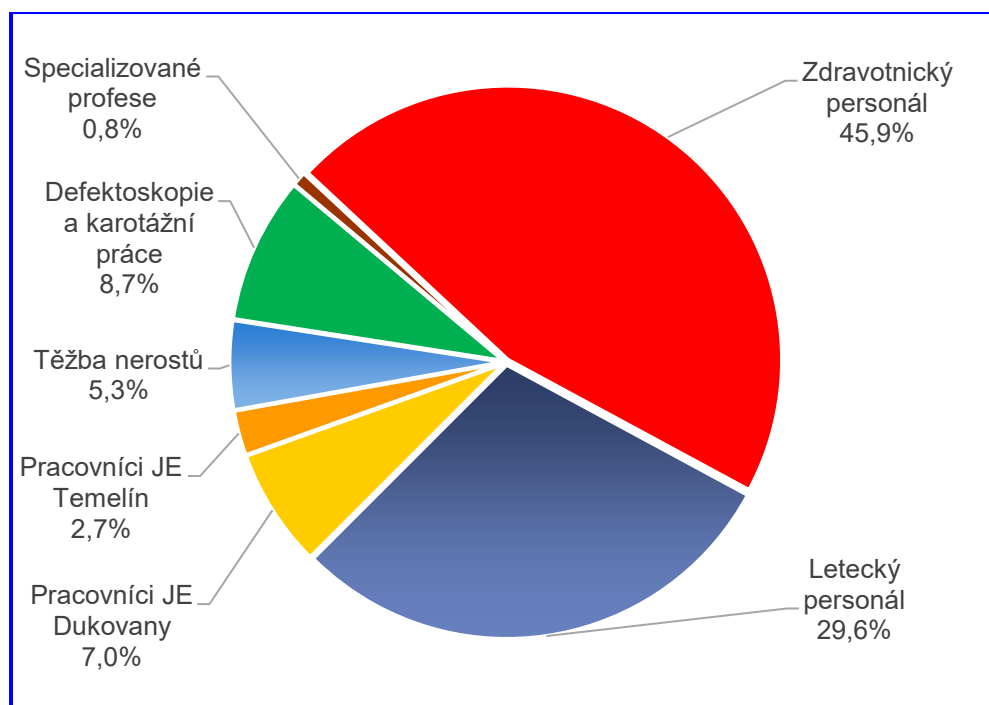
Łącznie w 2025 roku służby dozymetryczne monitorowały 19 584 pracowników. Spadek liczby monitorowanych pracowników narażonych na promieniowanie w porównaniu z rokiem 2024 (21 581 pracowników) wynika z faktu, że służby dozymetryczne zaprzęstały przesyłania dawek pracowników narażonych na promieniowanie kategorii B, monitorowanych za pomocą dozymetrów osobistych z trzymiesięcznym okresem oceny. Zgłaszanie dawek tych pracowników nie było obowiązkowe także wcześniej, niemniej jednak dawki te do 2024 roku były zgłaszane i wprowadzane wraz z dawkami pracowników narażonych na promieniowanie kategorii A do Centralnego Rejestru Narażenia Zawodowego (zwanego dalej „CRPO”) prowadzonego przez SÚJB. Dawki skuteczne:

- W EJ Dukovany monitorowano 3027 pracowników narażonych na promieniowanie, z czego 1155 pracowników ČEZ, a. s., oraz 1872 pracowników dostawców. Łączna roczna zbiorowa dawka skuteczna wyniosła **972,31 mSv** (wliczając wszystkie dawki powyżej 0,001 mSv), z czego **154,94 mSv** dla pracowników ČEZ, a. s., oraz **817,37 mSv** dla pracowników dostawców. Najwyższa roczna indywidualna dawka skuteczna dla pracownika ČEZ, a. s., wyniosła **5,06 mSv**, a dla pracownika dostawcy **8,14 mSv**.
- W EJ Temelín monitorowano 2545 pracowników narażonych na promieniowanie, z czego 969 pracowników ČEZ, a. s., oraz 1576 pracowników dostawców. Łączna roczna zbiorowa dawka skuteczna wyniosła **195,19 mSv** (wliczając wszystkie dawki powyżej 0,001 mSv), z czego **57,26 mSv** dla pracowników ČEZ, a. s., oraz **137,93 mSv** dla pracowników dostawców. Najwyższa roczna indywidualna dawka skuteczna dla pracownika ČEZ, a. s., wyniosła **1,49 mSv**, a dla pracownika dostawcy **2,71 mSv**.
- Na stanowiskach pracy DIAMO, s. p., gdzie prowadzone są działania związane z pozyskiwaniem promieniotwórczej kopaliny, monitorowano łącznie 835 pracowników narażonych na promieniowanie. W tym 574 pracowników kategorii B oraz 261 pracowników kategorii A. Roczna zbiorowa dawka skuteczna pracowników kategorii A

wyniosła **0,5 Sv**, średnia roczna indywidualna dawka skuteczna **1,9 mSv**, a najwyższa roczna indywidualna dawka skuteczna wyniosła **11,57 mSv**.

- W przypadku innych zastosowań przemysłowych monitorowano 864 pracowników, których średnia indywidualna roczna dawka skuteczna wyniosła **0,69 mSv**; zawodami, które są długoterminowo monitorowane przez SÚJB, są defektoskopia (**0,52 mSv**) oraz prace karotażowe (**0,31 mSv**).
- Na medycznych stanowiskach pracy ze źródłami promieniowania jonizującego oceniono dawki dla 10 326 pracowników, z których ponad 70% miało roczną indywidualną dawkę skuteczną poniżej poziomu rejestracji (0,1 mSv), średnia roczna indywidualna dawka skuteczna dla pozostałych pracowników wyniosła **1,53 mSv**; średnia roczna indywidualna dawka skuteczna dla lekarzy wykonujących zabiegi interwencyjne wyniosła **2,40 mSv**.
- Pracownicy specjalistycznych zawodów, jak np. serwis i kontrole przy źródłach promieniowania jonizującego, których jest 4870, osiągnęli średnią roczną indywidualną dawkę skuteczną **0,23 mSv**.
- Łączna roczna zbiorowa dawka skuteczna w 2025 roku została oceniona na **8,08 Sv**, a średnia indywidualna dawka skuteczna na jednego monitorowanego pracownika na **0,36 mSv**.

Dotychczas najbardziej znaczącą grupę zawodową, której dawki są standardowo oceniane w tym obszarze, stanowi **personel lotniczy na pokładach samolotów podczas lotów na wysokości powyżej 8 km**. W lotnictwie w 2024 roku (ostatnie dostępne dane) monitorowano 2026 pracowników (w 2021 roku było to 1119, w 2022 roku 1486, a w 2024 roku 1613). Maksymalna dawka skuteczna dla pracownika w tej grupie zawodowej wahała się w przedziale **0,55–2,56 mSv/rok** (w 2023 roku maks. dawka wyniosła **2,53 mSv/rok**). Do rejestru narażenia zawodowego nie zgłoszono żadnej osoby z dawką powyżej 6 mSv/rok.



Specializované profese	Specjalistyczne zawody
Zdravotnický personál	Personel medyczny
Defektoskopie a karotážní práce	Defektoskopia i prace karotażowe
Těžba nerostů	Wydobycie kopalin
Pracovníci JE Temelín	Pracownicy EJ Temelín
Pracovníci JE Dukovany	Pracownicy EJ Dukovany
Letecký personál	Personel lotniczy

Obr. 5 Przybliżony udział poszczególnych monitorowanych grup w dawce zbiorowej w 2020 roku (według ostatnich dostępnych danych) (Podzimek, 2024).

W porównaniu z łączną dawką zbiorową dla pacjentów od narażeń medycznych wkład zastosowań przemysłowych (w tym eksploatacji EJ oraz lotnictwa) wynosi **mniej niż 1 ‰ (jedna tysięczna)**.

- **Napromieniowanie wewnętrzne**

Duża ilość sztucznych radionuklidów została uwolniona do środowiska w erze atmosferycznych testów jądrowych. Do środowiska przedostała się również znaczna ilość materiału promieniotwórczego podczas awarii reaktorów jądrowych w Czarnobylu i Fukushima.

W monitorowanych pozycjach środowiska i łańcucha pokarmowego, a także w organizmie ludzkim wciąż jeszcze mierzalna jest niska aktywność ^{137}Cs , który przedostał się do środowiska zwłaszcza po katastrofie czarnobylskiej i testach broni jądrowej w atmosferze, przy czym zmierzone wartości aktywności ^{137}Cs prawie już się nie zmieniają. Zawartość ^{137}Cs w wielu próbkach w 2025 roku, podobnie jak w kilku poprzednich latach, kształtowała się poniżej granicy wykrywalności.

W niektórych okresach mierzalne są też bardzo niskie aktywności ^{90}Sr , ^{239}Pu i ^{240}Pu w atmosferze oraz ^{90}Sr w mleku i diecie mieszanej, które pochodzą głównie z testów broni jądrowej.

W 2025 roku na terytorium Republiki Czeskiej nie wykryto żadnych istotnych aktywności sztucznych radionuklidów w atmosferze, a zmierzone wartości (^{137}Cs i ^{131}I) nie odbiegają od ich długoterminowych średnich, stanowiących typowe poziomy zawartości sztucznych radionuklidów w środowisku.

Nietypowe wartości aktywności sztucznych radionuklidów nie zostały wykryte również na terytorium pozostałych państw Europy.

1.6.4 Obciążenie radiacyjne od sztucznych źródeł na przedmiotowym obszarze

Temelín

W raporcie EJ Temelín „Wyniki monitorowania uwolnień i sytuacji radiacyjnej w okolicach elektrowni jądrowej Temelín za rok 2025” oceniono monitorowanie uwolnień do atmosfery oraz wykorzystanie autoryzowanego limitu obliczonego przez program RDETE, który umożliwia uwzględnienie rzeczywistej sytuacji meteorologicznej w lokalizacji EJ Temelín w 2025 roku i bierze pod uwagę odpowiednie drogi narażenia związane z wniknięciem radionuklidów. (SÚJB, 2026b)

W ten sposób obliczona wartość sumy dawki skutecznej od napromieniowania zewnętrznego i obciążenia dawką skuteczną od napromieniowania wewnętrznego była najwyższa dla grupy wiekowej od 0 do 5 lat w miejscowości Litoradlice (3–5 km na wschód od EJ) i wyniosła **0,025 μSv** , co stanowi **0,25%** wykorzystania rocznego autoryzowanego limitu **10 μSv** .

Największy udział (**78,27%**) w łącznych uwolnieniach do atmosfery stanowią uwolnienia ^{14}C . Bilansowe pomiary zawartości radionuklidów w uwolnieniach ciekłych z EJ Temelín potwierdzają, że w 2025 roku nie został przekroczony roczny autoryzowany limit 4 μSv dla uwolnień ciekłych. Program RDETE umożliwia uwzględnienie rzeczywistej sytuacji hydrologicznej oraz odpowiednich dróg narażenia podczas obliczania stopnia wykorzystania rocznego autoryzowanego limitu uwolnień do cieków wodnych.

Obliczona wartość sumy dawki skutecznej od napromieniowania zewnętrznego i obciążenia dawką skuteczną od napromieniowania wewnętrznego była najwyższa dla grupy wiekowej od 0 do 5 lat w strefie zasiedlonej **Dvůr Újezd** w odległości 5–7 km na północ od miejsca uwolnienia i wyniosła **0,995 μSv** , co stanowi **24,88%** wykorzystania rocznego autoryzowanego limitu 4 μSv . Uwolnienie ^3H ma udział **99,48%** (SÚJB, 2026b) w łącznej wartości uwolnień ciekłych.

Tab. 6 Zestawienie monitorowanych pozycji środowiska i łańcucha pokarmowego w okolicach EJ Temelín w 2024 roku (dostawca danych SÚJB i SÚRO) (SÚJB, 2026b).

^{137}Cs				
Monitorowana pozycja	Jednostka	Najwyższa wartość	Liczba pomiarów – łącznie	>NVA
aerozole ¹⁾	Bq/m ³	$<3,8 \cdot 10^{-6}$	52	0
opady	Bq/m ²	<0,358	24	0
gleba	Bq/kg	33,7	4	4
gleba – in situ	Bq/m ²	679,9	24	24
osady	Bq/kg	10,2	2	2
woda pitna	Bq/l	<0,170	4	0
woda powierzchniowa	Bq/l	<0,012	22	0
woda podziemna – otwory wiertnicze	Bq/l	<0,018	31	0

mleko krowie – surowe	Bq/l	<0,153	26	0
owoce leśne	Bq/kg	2,056	1	1
owoce	Bq/kg	<0,082	1	0
plody rolne	Bq/kg	<0,090	4	0
ryby	Bq/kg	<0,079	2	0
⁹⁰Sr				
Monitorowana pozycja	Jednostka	Najwyższa wartość	Liczba pomiarów – łącznie	>NVA
aerozole ²⁾	Bq/m ³	<1,932·10 ⁻⁷	1	0
woda powierzchniowa - cieki wodne	Bq/l	11,6·10 ⁻³	4	0
mleko krowie – surowe ³⁾	Bq/l	<0,061	1	0
gleba ⁴⁾	Bq/kg	<3,151	1	0
³H				
Monitorowana pozycja	Jednostka	Najwyższa wartość	Liczba pomiarów – łącznie	>NVA
woda deszczowa	Bq/l	<2,9	12	0
woda powierzchniowa - cieki wodne	Bq/l	122,1	40	15
woda powierzchniowa - zbiorniki	Bq/l	<2,9	4	0
woda pitna	Bq/l	<2	18	0
woda podziemna – otwory wiernicze	Bq/l	<2	6	0
¹³¹I				
Monitorowana pozycja	Jednostka	Najwyższa wartość	Liczba pomiarów – łącznie	>NVA
jod gazowy	Bq/m ³	< 0,345·10 ⁻³	52	0

Uwagi:

- Aktywność objętościowa, powierzchniowa i masowa radionuklidów w elementach środowiska i łańcuchach żywnościowych (w tym pomiary in situ) – pobieranie próbek i pomiary laboratoryjne kontroli radiacyjnej okolic EJ Temelín – wyniki zaczerpnięto z raportu EJ jądrowej Temelín (SÚJB, 2026b).
- NVA oznacza minimalną aktywność istotną.

1) Przeprowadzany jest łączony pomiar próbek z 8 miejsc poboru. Jeśli przekroczony jest poziom dochodzeniowy, pomiary poszczególnych próbek są przeprowadzane oddzielnie.

2) Połączona próbka roczna składa się z połowy wszystkich filtrów aerozolowych z wszystkich miejsc.

3) Zbiorcza próbka roczna z wszystkich dwutygodniowych poborów.

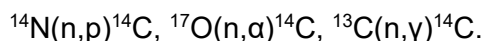
4) Połączona próbka z 4 miejsc poboru, warstwa od 0 do 5 cm.

Monitorowanie okolic EJ Temelín wykazało, że nie istnieją istotne różnice pomiędzy zawartością radionuklidów w poszczególnych monitorowanych pozycjach środowiska, monitorowanych w okolicach elektrowni jądrowych a na pozostałym terytorium RCz, oprócz zawartości ^3H w ciekach wodnych narażonych na oddziaływanie uwolnień z EJ.

1.7 Charakterystyka ryzyk wynikających z eksploatacji EJ

1.7.1 Ryzyko w przypadku uwolnień do atmosfery z EJ

Uwolnienia do atmosfery stanowią główną drogę, którą śladowe ilości radionuklidów mogą się przedostawać do środowiska. Dotyczy to przede wszystkim gazów szlachetnych (krypton, ksenon), izotopów jodu i trytu. Radionuklidy rozprzestrzeniają się w atmosferze, mogą osadzać się na roślinności i w mniejszym stopniu wnikać do łańcucha pokarmowego. Największy udział w łącznych uwolnieniach do atmosfery z EJ stanowią uwolnienia ^{14}C . Powstaje głównie w chłodziwie reaktora i materiałach konstrukcyjnych podczas reakcji jądrowych:



Do środowiska może się przedostać **wraz z uwolnieniami gazowymi i ciekłymi**. Najczęściej w formie dwutlenku węgla lub metanu. Po uwolnieniu do atmosfery ^{14}C szybko włącza się w **globalny cykl węglowy** (rośliny → łańcuch pokarmowy → człowiek). Ze względu na okres połowicznego rozpadu (5730 lat), kumuluje się w środowisku długoterminowo, lecz stężenia są bardzo niskie.

Dawka skuteczna dla ludności od uwolnień ^{14}C z jednej elektrowni jądrowej wynosi kilka $\mu\text{S}/\text{rok}$ – czyli jest **pomijalna** w porównaniu z tłem naturalnym.

Narażenie ludności wynika głównie z inhalacji i spożycia lokalnej żywności. Dane z monitoringu czeskich elektrowni jądrowych wykazują, że dawki skuteczne dla ludności od tych dróg nie przekraczają jednostek setnych μSv rocznie. To znacznie mniej niż 1% limitu określonego dla ludności.

Do modelowania rozprzestrzeniania się radionuklidów w atmosferze stosuje się modele dyspersyjne, które uwzględniają warunki meteorologiczne, wysokość kominów i prędkość emisji. Obliczenia są przeprowadzane dla scenariuszy konserwatywnych, aby zapewnić bezpieczeństwo również w niekorzystnych warunkach.

Do atmosfery mogą uwalniać się zwłaszcza:

- **promieniotwórcze gazy szlachetne (argon, krypton, ksenon), ^{14}C ,**
- **^{131}I (o krótkim okresie połowicznego rozpadu, istotny dla tarczycy),**
- **tryt (w formie pary wodnej).**

Drogi narażenia:

- **inhalacja** – wdychanie powietrza zawierającego radionuklidy,
- **spożycie** – łańcuch pokarmowy (osadzanie się radionuklidów na roślinach → mleko, warzywa).

Modele rozprzestrzeniania wykazują, że nawet w najbliższych miejscowościach dawka dla ludności znajduje się głęboko poniżej limitu 1 mSv/rok, zazwyczaj $<0,005$ mSv.

Środki bezpieczeństwa:

- systemy filtracyjne, szczelność zestawów paliwowych, odpowiedniość zastosowanych materiałów, optymalizacja reżimów chemicznych, minimalizacja nieszczelności międzyobiegowych,
- monitorowanie uwolnień w czasie rzeczywistym,
- obowiązek raportowania do SÚJB.

1.7.2 Ryzyko wynikające z uwolnień do cieków wodnych z EJ

Uwolnienia do cieków wodnych zawierają zwłaszcza tryt i śladowe ilości produktów aktywacji i korozji, na przykład ^{60}Co lub ^{54}Mn . Radionuklidy te mogą się przedostawać do wód powierzchniowych, a następnie do źródeł wodociągowych lub łańcuchów pokarmowych (ryby, nawadnianie upraw).

Narażenie ludności także tą drogą jest jednak bardzo niskie – zazwyczaj w jednostkach μSv rocznie. Jest natomiast wyższe niż od uwolnień do atmosfery. Tryt zachowuje się w organizmie podobnie jak woda, dlatego jest biologicznie łatwo wydalany, a jego skutek radiacyjny jest stosunkowo niski. Monitorowanie promieniotwórczości w ciekach wodnych jest częścią obowiązkowych programów monitorowania, które potwierdzają długoterminowo stabilne wartości głęboko poniżej limitów.

W przypadku czeskich elektrowni jądrowych uwalnianie do cieków wodnych jest rygorystycznie regulowane i podlega procedurze pozwoleńowej. Wyniki monitorowania wskazują, że ta droga nie stanowi ryzyka zdrowotnego nawet dla najbardziej narażonych grup mieszkańców.

Uwolnienia do wód zawierają zwłaszcza:

- **tryt** (najbardziej powszechny radionuklid, o słabym skutku biologicznym),
- **produkty korozji** (^{60}Co , ^{54}Mn , ^{59}Fe),
- **śladowe ilości aktywności**.

Drogi narażenia:

- **woda pitna,**
- **ryby z cieków wodnych,**
- **aktywności rekreacyjne (pływanie, wędkarstwo).**

Środki:

- monitorowanie promieniotwórczości w wodach powierzchniowych, szczelność zestawów paliwowych, odpowiedniość zastosowanych materiałów, optymalizacja reżimów chemicznych, minimalizacja nieszczelności międzyobiegowych, a w przypadku uwolnień do wód – kontrolowane uwalnianie po odpowiednim rozcieńczeniu,
- określenie limitów uwolnień,
- natychmiastowe raportowanie w przypadku przekroczenia wartości referencyjnych.

Zmierzone stężenia znajdują się zazwyczaj głęboko poniżej granicy wykrywalności. Obliczenia dawek skutecznych wskazują na wartości rzędu jednostek $\mu\text{Sv}/\text{rok}$, nawet w przypadku scenariuszy konserwatywnych.

Ryzyko zdrowotne jest dlatego uważane za **pomijalne**, zwłaszcza w porównaniu z innymi czynnikami wpływającymi na zdrowie ludności (np. jakość atmosfery, styl życia).

1.8 Ryzyko obciążenia radiacyjnego wynikające z eksploatacji SMR ETE

Obecnie w lokalizacji ETE przygotowywane jest planowane przedsięwzięcie dotyczące usytuowania małego reaktora modułowego (SMR) o zainstalowanej mocy elektrycznej do 500 MW_e pod nazwą **SMR ETE**.

W ramach przygotowania planowanego przedsięwzięcia SMR ETE, zgodnie z przepisami prawnymi, opracowano analizę oddziaływania radiacyjnego normalnej eksploatacji SMR ETE (Abmerit – nuclear and space, 2026).

Obliczenia skutków radiologicznych normalnej eksploatacji SMR ETE zrealizowano za pomocą programu ESTE AI, który umożliwia znalezienie osób reprezentatywnych dla różnych dróg narażenia na promieniowanie, określa indywidualne dawki skuteczne oraz 50-letnie (dorośli) lub 70-letnie (dzieci) obciążenia indywidualną dawką skuteczną, a także określa dawki dla przeciętnego mieszkańca i na ich podstawie oblicza dawki zbiorowe.

Program oblicza skutki uwolnień do atmosfery i cieków wodnych, a w przypadku uwolnień do atmosfery umożliwia wprowadzenie uwolnienia i obliczanie rozprzestrzeniania się radionuklidów z różnych punktów w lokalizacji (kominy wentylacyjne lub chłodnie kominowe). Procedury metodyczne i algorytmy programu uwzględniają wszystkie potencjalne drogi narażenia na promieniowanie oraz dużą ilość radionuklidów w potencjalnym uwolnieniu. Metodykę i model obliczeniowy opisano w szerszym zakresie w analizie oddziaływania radiacyjnego normalnej eksploatacji SMR ETE.

W raporcie wyniki poddano analizie w formie 3 scenariuszy dla napromieniowania od uwolnień do atmosfery oraz w formie 3 scenariuszy dla napromieniowania od uwolnień do cieków wodnych.

Pierwotny raport z 2025 roku został zrewidowany w 2026 roku w taki sposób, by uwzględnić zmiany zainicjowane nowelizacją rozporządzenia nr 422/2016 Dz.U., która została opublikowana w Dzienniku Ustaw i Umów Międzynarodowych w dniu 29 stycznia 2026 roku pod nr 13/2026 Dz.U., data wejścia w życie: 1 luty 2026 r. (SUJB, 2026a).

Na podstawie danych meteorologicznych z lat 2018 - 2024 przeprowadzono analizę kierunku wiatru w wybranej lokalizacji SMR ETE oraz analizę przepływu wody w Wełtawie. Sytuacja pogodowa w wybranym okresie nie ulegała znaczącym zmianom. Na podstawie danych meteorologicznych jako reprezentatywne wybrano lata 2018, 2023 i 2024, przy czym **rok 2018** uznano za **rok suchy** o mniejszym przepływie wody w Wełtawie/Kořensko, a rok **2023** wybrano jako **rok średni** o długoterminowej średniej rocznej w przekroju Kořensko. Rok **2024** wybrano jako **rok mokry**.

W analizie (Abmerit – nuclear and space, 2026) określono zamieszkane lokalizacje w okolicach SMR ETE, w których wartości dawki skutecznej dla osoby reprezentatywnej były najwyższe. Pod względem uwolnień atmosferycznych zidentyfikowano w ten sposób 3 lokalizacje – **Kočín, Litoradlice i Zvěrkovice**. Pod względem uwolnień ciekłych była to lokalizacja **Neznašov, obejmująca Újezd i Chaty Pašovice**. Określone dawki skuteczne od uwolnień obwiedniowych SMR ETE do atmosfery i hydrosfery przedstawiono w Tan. 7 i Tab. 8.

Dla poszczególnych przedmiotowych lokalizacji określono następujące wielkości:

Uwolnienia do atmosfery

- obciążenie (50 lub 70 lat) dawką skuteczną w wyniku inhalacji dla (danej) kategorii wiekowej (suma dla wszystkich nuklidów) [Sv],
- obciążenie (50 lub 70 lat) dawką skuteczną w wyniku spożycia dla (danej) kategorii wiekowej (suma dla wszystkich nuklidów) [Sv],
- dawka skuteczna od napromieniowania zewnętrznego od depozycji (suma dla wszystkich nuklidów) [Sv],
- dawka skuteczna od napromieniowania zewnętrznego od chmury (suma dla wszystkich nuklidów) [Sv].

ATMOSFERA: Łączna dawka skuteczna oraz obciążenie dawką skuteczną dla wszystkich uwzględnianych dróg [Sv].

Uwolnienia do hydrosfery

- obciążenie (50 lub 70 lat) dawką skuteczną od spożycia (suma dla wszystkich nuklidów) [Sv],
- woda pitna, obciążenie (50 lub 70 lat) dawką skuteczną od spożycia dla (danej) kategorii wiekowej (suma dla wszystkich nuklidów) [Sv],
- nawadnianie, pojenie i mięso ryb, obciążenie (50 lub 70 lat) dawką skuteczną od spożycia dla (danej) kategorii wiekowej (suma dla wszystkich nuklidów) [Sv],
- dawka skuteczna od napromieniowania zewnętrznego podczas pływania [Sv],
- dawka skuteczna od napromieniowania zewnętrznego podczas pływania łódką [Sv],
- dawka skuteczna od napromieniowania zewnętrznego podczas przebywania na brzegu [Sv].
- HYDROSFERA: Łączna dawka skuteczna oraz obciążenie dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami dla danej kategorii wiekowej [Sv].

ATMOSFERA + HYDROSFERA: Łączna dawka skuteczna oraz obciążenie dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami dla (danej) kategorii wiekowej [Sv]:

W analizie (Abmerit – nuclear and space, 2026) określono 2 grupy wiekowe ludności, na które przypadają maksymalne wartości rocznych dawek skutecznych od uwolnień atmosferycznych, a mianowicie grupy 6–15 lat oraz 16+ lat. Dla uwolnień hydrosferycznych docelowe grupy wiekowe określono jako płód oraz dzieci w wieku 0–5 lat, na które przypadają maksymalne roczne dawki od uwolnień do hydrosfery.

Tab. 7 Sumaryczne wyniki, dawka wraz z obciążeniem na osobę reprezentatywną jako skutek obwiedniowych uwolnień z SMR ETE – atmosfera.

Oddziaływanie radiacyjne uwolnień do atmosfery			
Rok	2018	2023	2024
Wysokość komina wentylacyjnego [m]	56	56	56
Lokalizacja	Kočín	Zvěrkovice	Zvěrkovice
Grupa wiekowa	6–15 lat (pow. 16 lat)	6–15 lat (pow. 16 lat)	6–15 lat (pow. 16 lat)
Łączna roczna dawka skuteczna oraz obciążenie dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami [Sv/rok]	1,4E-07 (1,3E-07)	1,78E-07 (1,73E-07)	1,57E-07 (1,52E-07)

Komórki zaznaczone na szaro oznaczają maksymalne obliczone wartości dawki skutecznej.

Tab. 8 Sumaryczne wyniki, dawka skuteczna wraz z obciążeniem dawką skuteczną na osobę reprezentatywną jako skutek obwiedniowych uwolnień SMR ETE – hydrosfera.

Oddziaływanie radiacyjne uwolnień do hydrosfery			
Rok	2018 (suchy)	2023 (średni)	2024 (mokry)
Lokalizacja	Lokalizacja Újezd i Chaty Pašovice		
Grupa wiekowa	Płód (0–5 lat)	Płód (0–5 lat)	Płód (0–5 lat)
Łączna roczna dawka skuteczna oraz obciążenie dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami [Sv/rok]	2,80E-07 (2,05E-07)	1.48E-07 (1,09E-07)	1,31E-07 (9,60E-08)

Komórki zaznaczone na szaro oznaczają maksymalne obliczone wartości dawki skutecznej.

Wyniki są prezentowane dla referencyjnej wysokości komina wentylacyjnego 56 m oraz warunków meteorologicznych dla wybranych reprezentatywnych lat 2018, 2023 i 2024. Warunki meteorologiczne mają według analizy wpływ (kierunkowy) na określenie osoby reprezentatywnej.

W procesie ustalania radionuklidów o działaniu pierwotnym określono pierwotne i wtórne radionuklidy wnoszące największy wkład w roczne dawki skuteczne osoby reprezentatywnej.

Pierwotne i wtórne radionuklidy o wkładzie w roczną dawkę skuteczną osoby reprezentatywnej od SMR ETE (Atmosfera) przedstawiono w tabeli nr 9. Za radionuklidy pierwotne uważa się wszystkie radionuklidy, których wkład w roczną dawkę skuteczną wynosi co najmniej 2%.

Tab. 9 Pierwotne i wtórne radionuklidy o wkładzie w roczną dawkę skuteczną osoby reprezentatywnej od SMR ETE (Atmosfera).

Wysokość komina wentylacyjnego [m]	56
Pierwotne radionuklidy o wkładzie w roczną dawkę skuteczną	^{41}Ar (58,09 %), ^{14}C (21,13 %), ^3H (7,92 %), ^{138}Xe (3,86 %), ^{88}Kr (2,27 %), ^{85}Kr (2,06 %)
Wtórne radionuklidy o wkładzie w roczną dawkę skuteczną	^{135}Xe , $^{135\text{m}}\text{Xe}$, $^{131}\text{I}_{\text{gas}}$, ^{87}Kr , $^{131}\text{I}_{\text{aer}}$, $^{85\text{m}}\text{Kr}$, ^{133}Xe , $^{133\text{m}}\text{Xe}$, ^{60}Co

Istotnym czynnikiem w przypadku uwolnień do hydrosfery jest **przepływ wody** w rzece Wełtawie (Kořensko). Dla wybranego reprezentatywnego roku suchego 2018 (24,4 m³/s) wartości rocznej dawki skutecznej są dla osoby reprezentatywnej prawie dwukrotnie wyższe w porównaniu

z rokiem 2023 (rok średni pod względem przepływu $47,4 \text{ m}^3/\text{s}$) i ponad dwukrotnie wyższe w porównaniu z rokiem mokrym 2024 (z przepływem $63,3 \text{ m}^3/\text{s}$).

Głównymi drogami napromieniowania osób reprezentatywnych są wkłady:

- obciążeń **w wyniku spożycia wody pitnej** (56,8%),
- obciążeń **w wyniku spożycia żywności** (nawadnianie, pojenie i mięso ryb) (43,2%).

W przypadku uwolnień z SMR ETE, tryt odpowiada za około 99,9% łącznej rocznej dawki skutecznej od hydrosfery.

Tab. 10 Pierwotne i wtórne radionuklidy o wkładzie w roczną dawkę skuteczną osoby reprezentatywnej od SMR ETE (hydrosfera).

Pierwotny radionuklid o wkładzie w roczną dawkę skuteczną	^3H (99,92%)
Wtórny radionuklid o wkładzie w roczną dawkę skuteczną	^{134}Cs (0,05%) ^{137}Cs (0,03%)

Wartości rocznej dawki skutecznej osoby reprezentatywnej od uwolnień hydrosferycznych SMR ETE kształtują się na poziomie **0,1 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$** dla lat średnich.

Wkłady w łączną roczną dawkę skuteczną i obciążenia dawką skuteczną z wszystkich uwzględnianych dróg SMR ETE stanowią **około 4,2%** łącznej rocznej dawki skutecznej i obciążeń dawką skuteczną z wszystkich uwzględnianych dróg, wliczając wkłady ETE1,2 i NJZ ETE.

Pod względem rocznej dawki skutecznej odniesionej do 1 MW_e mocy zainstalowanej, udział SMR ETE wynosi **około 47%** łącznego udziału ETE1,2 i NJZ ETE odniesionego do 1 MW_e , jest zatem w przybliżeniu o połowę mniejszy.

Tab. 11 Identyfikacja osoby reprezentatywnej i sumaryczna dawka dla osoby reprezentatywnej wszystkimi drogami napromieniowania w wyniku rocznych uwolnień obwiedniowych z SMR ETE w poszczególnych analizowanych wariantach (Abmerit – nuclear and space, 2026).

Rok kalendarzowy	Rok 2018	Rok 2023	Rok 2024
	„Rok suchy“	„Rok średni“	„Rok mokry“
Oddziaływanie uwolnień do atmosfery			
Lokalizacja (zamieszкана) o najwyższej dawce skutecznej [Sv] dla osoby reprezentatywnej			
Opis lokalizacji	Obręb ewidencyjny miejscowości Dřiteň, Temelín, Lokalizacja „Kočin“	Obręb ewidencyjny miejscowości Temelín, Týn nad Vltavou, lokalizacja „Zvěrkovice“, „Zadní kohout“	Obręb ewidencyjny miejscowości Temelín, Týn nad Vltavou, lokalizacja „Zvěrkovice“, „Zadní kohout“
Dawka skuteczna	1.4E-07	1.8E-07	1.6E-07
Grupa wiekowa	16	pow. 16 lat	6–15 lat, pow. 16 lat
Oddziaływanie uwolnień do Węławy			
Lokalizacja (zamieszкана) o najwyższej dawce skutecznej [Sv] dla osoby reprezentatywnej			
Opis lokalizacji	Obręb ewidencyjny miejscowości Albrechtice, Chrášťany, lokalizacja „Újezd“ i lokalizacja „Chaty Pašovice“	Obręb ewidencyjny miejscowości Albrechtice, Chrášťany, lokalizacja „Újezd“	Obręb ewidencyjny miejscowości Albrechtice, Chrášťany, lokalizacja „Újezd“
Dawka skuteczna	2.8E-07	1.5E-07	1.3E-07
Grupa wiekowa	Dziecko 0–5 lat	0 - 5 lat	0 - 5 lat
Wspólne oddziaływanie uwolnień do atmosfery i uwolnień do Węławy (wynikowa osoba reprezentatywna)			
Lokalizacja (zamieszкана) o najwyższej dawce skutecznej [Sv] dla osoby reprezentatywnej			
Opis lokalizacji	Obręb ewidencyjny miejscowości Chrášťany, Všemyslice, Lokalizacja „Neznašov“	Obręb ewidencyjny miejscowości Temelín, Týn nad Vltavou, lokalizacja „Zvěrkovice“, „Zadní kohout“	Obręb ewidencyjny miejscowości Temelín, Týn nad Vltavou, lokalizacja „Zvěrkovice“, „Zadní kohout“
Dawka skuteczna	3.0E-07	1.8E-07	1.6E-07
Grupa wiekowa	Plód, Dziecko 0–5 lat	pow. 16 lat	6–15 lat, pow. 16 lat

Z tabeli nr 11 wynikają następujące wnioski:

- Maksymalna wartość dawki skutecznej, w tym obciążenia dawką skuteczną, dla osoby reprezentatywnej w wyniku obwiedniowych uwolnień z SMR ETE do atmosfery wynosi **$1,8 \times 10^{-7} \text{ Sv}$** , a mianowicie w obrębie ewidencyjnym miejscowości Temelín, Týn nad Vltavou, lokalizacja „Zvěrkovice”, Zadní kohout.
- Maksymalna wartość dawki skutecznej, w tym obciążenia dawką skuteczną, dla osoby reprezentatywnej w wyniku obwiedniowych uwolnień z SMR ETE do hydrosfery wynosi **$2,8 \times 10^{-7} \text{ Sv}$** , a mianowicie w obrębie ewidencyjnym miejscowości Albrechtice, Chrášťany, lokalizacja „Újezd” i lokalizacja „Chaty Pašovice”.
- Maksymalna wartość dawki skutecznej, w tym obciążenia dawką skuteczną, dla osoby reprezentatywnej w wyniku obwiedniowych uwolnień z SMR ETE do atmosfery i wód powierzchniowych została obliczona na **$3,0 \times 10^{-7} \text{ Sv na rok}$** ($0,3 \mu\text{Sv/rok}$). Wartość ta została określona dla lokalizacji „Neznašov” w obrębie ewidencyjnym miejscowości Všemyslice. W porównaniu z uwzględnianą roczną dawką skuteczną od naturalnego tła radiacyjnego wynoszącą **5,93 mSv**, wkład obwiedniowych uwolnień stanowi około **0,005%** tej wartości.

Dla wymienionych trzech maksymalnych wartości dawki skutecznej i obciążenia dawką skuteczną za pomocą modelu konserwatywnego (roczna moc $\cdot$ okres przebywania) można obliczyć łączne obciążenie radiacyjne dla różnych czasów przebywania na przedmiotowym obszarze, a następnie łączną wartość uszczerbku na zdrowiu (iloczyn łącznego obciążenia radiacyjnego i nominalnego współczynnika ryzyka ($5,7 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$) w odniesieniu do uszczerbku dla skutków stochastycznych dla narażenia na promieniowanie o niskiej mocy dawki).

Na podstawie wartości podanych w tabelach od 12 do 14 można zakładać, że wkład ocenianego źródła w obciążenie radiacyjne ludności jest niski. Szacowane ryzyko zdrowotne jest w porównaniu z pozostałymi składnikami napromieniowania ludności małe, przy czym należy wziąć pod uwagę niepewności zastosowanej oceny modelowej.

Tab. 12 Skumulowane oddziaływanie uwolnień z SMR ETE do atmosfery dla osoby reprezentatywnej

Oddziaływanie uwolnień z SMR ETE do atmosfery dla osoby reprezentatywnej			
Roczne obciążenie radiacyjne [Sv]	Okres przebywania [lata]	Obciążenie radiacyjne przez okres przebywania [Sv]	Łączny uszczerbek na zdrowiu
1,8E-07	1	1,80E-07	1,03E-08
	5	9,00E-07	5,13E-08

	10	1,80E-06	1,03E-07
	20	3,60E-06	2,05E-07
	30	5,40E-06	3,08E-07
	50	9,00E-06	5,13E-07
	70	1,26E-05	7,18E-07

Tab. 13 Skumulowane oddziaływanie uwolnień z SMR ETE do hydrosfery dla osoby reprezentatywnej

Oddziaływanie uwolnień z SMR ETE do hydrosfery dla osoby reprezentatywnej			
Roczne obciążenie radiacyjne [Sv]	Okres przebywania [lata]	Obciążenie radiacyjne przez okres przebywania [Sv]	Łączny uszczerbek na zdrowiu
2,8E-07	1	2,80E-07	1,60E-08
	5	1,40E-06	7,98E-08
	10	2,80E-06	1,60E-07
	20	5,60E-06	3,19E-07
	30	8,40E-06	4,79E-07
	50	1,40E-05	7,98E-07
	70	1,96E-05	1,12E-06

Tab. 14 Wspólne oddziaływanie uwolnień z SMR ETE do atmosfery i hydrosfery dla osoby reprezentatywnej

Wspólne oddziaływanie uwolnień z SMR ETE do atmosfery i hydrosfery dla osoby reprezentatywnej			
Roczne obciążenie radiacyjne [Sv]	Okres przebywania [lata]	Obciążenie radiacyjne przez okres przebywania [Sv]	Łączny uszczerbek na zdrowiu
3,0E-07	1	3,00E-07	1,71E-08
	5	1,50E-06	8,55E-08
	10	3,00E-06	1,71E-07
	20	6,00E-06	3,42E-07

	30	9,00E-06	5,13E-07
	50	1,50E-05	8,55E-07
	70	2,10E-05	1,20E-06

1.9 Ryzyko obciążenia radiacyjnego wynikające z eksploatacji ETE1,2 i NJZ ETE

W lokalizacji Temelín eksploatowane są obecnie 2 bloki VVER 1000 V320 o zainstalowanej mocy elektrycznej $2 \times 1125 \text{ MW}_e$. W ramach planowanego przedsięwzięcia ulokowania Nowego źródła energii jądrowej w lokalizacji Temelín od dłuższego czasu przygotowywane są w lokalizacji kolejne 2 nowe bloki NJZ ETE o mocy elektrycznej do $2 \times 1700 \text{ MW}_e$.

W ramach dokumentacji EIA NJZ ETE oceniono oddziaływanie 2 bloków elektrowni ETE1,2 i NJZ ETE na ludność i środowisko. NJZ ETE stanowi, z punktu widzenia pierwotnej koncepcji ($4 \times 1000 \text{ MW}_e$), rozbudowę elektrowni o dwa nowe, nowoczesne bloki.

Oddziaływanie radiacyjne ETE1,2 i NJZ ETE analizowane jest w raporcie - Nowe źródło energii jądrowej w lokalizacji Temelín, w tym wyprowadzenie mocy do rozdzielni Kočín, dokumentacja oddziaływania planowanego przedsięwzięcia na środowisko (AMEC, 2010).

Obliczenia skutków radiologicznych (atmosferycznych) normalnej eksploatacji ETE1,2 (2 bloki) i NJZ ETE ($2 \times 1700 \text{ MW}_e$) dokonano za pomocą programu NORMAL wersji 02, który jest zatwierdzony do użytku przez komisję oceniającą nr 6 Państwowego Urzędu Bezpieczeństwa Jądrowego. Obliczenia skutków radiologicznych NJZ ETE i ETE1,2 dokonano z podziałem okolic lokalizacji ETE na 16 stref kierunkowych i 20 stref odległościowych. Program uwzględnia wysokości nad poziomem morza, szorstkość terenu oraz typy powierzchni ziemi, zgodnie z rzeczywistą sytuacją w lokalizacji Temelín. Do obliczenia i określenia przyziemnych aktywności objętościowych, depozycji na powierzchni ziemi oraz mocy depozycji zastosowano konserwatywne założenia (AMEC, 2010).

W dokumentacji oddziaływania planowanego przedsięwzięcia na środowisko (AMEC, 2010), oddziaływanie radiacyjne (roczne dawki skuteczne i obciążenia dawką skuteczną) uwolnień ETE1,2 do hydrosfery zostały określone za pomocą programu RDETE. Program obejmuje rozprzestrzenianie się substancji promieniotwórczych oraz produktów ich rozpadu w środowisku wodnym, szacunki oddziaływania kąpieli w skażonej wodzie, pływania łódką, przebywania na osadach rzecznych, przebywania na glebie nawadnianej, spożycia wody pitnej, spożycia ryb żyjących w skażonej wodzie, spożycia mięsa i mleka zwierząt pojoyonych skażoną wodą oraz spożycia produktów rolnych nawadnianych skażoną wodą. Drogi narażenia uwzględniono dla wszystkich grup wiekowych.

W dokumentacji oddziaływania planowanego przedsięwzięcia na środowisko (AMEC, 2010), roczne dawki skuteczne określono jako sumę rocznej dawki od chmury, rocznej dawki od

depozycji w danym roku, obciążenia dawką skuteczną w wyniku inhalacji i spożycia oraz obciążenia dawką skuteczną w wyniku inhalacji z resuspensji.

W analizie oddziaływania radiologicznego uwolnień NJZ ETE i ETE1,2 do atmosfery określono wartości rocznych dawek skutecznych dla ludności, przy czym maksymalna roczna dawka została określona dla kierunku północnowschodniego. W analizie wartości liczbowe podano dla tego kierunku jako najbardziej niekorzystne.

Wartości łącznej dawki skutecznej i obciążeń dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami napromieniowania ludności obliczano oddzielnie dla NJZ ETE (2 bloki 1200/1700 MW_e) oraz ETE1,2 (2 bloki). Obliczone wartości łącznej dawki skutecznej i obciążeń dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami narażenia ludności podzielono na 6 kategorii wiekowych:

- dzieci 0–1 rok, dzieci 1–2 lata, dzieci 2–7 lat, dzieci 7–12 lat, dzieci 12–17 lat oraz dorośli. Biorąc pod uwagę odległość lokalizacji określonych w analizie oddziaływania radiacyjnego normalnej eksploatacji SMR ETE na lokalizacje **Kočín, Zvěrkovice i Litoradlice** pod kątem uwolnień atmosferycznych, przedmiotowa odległość wynosi 2333 m i 3 333 m od ETE1,2.

Po wydaniu nowelizacji rozporządzenia nr 422/2016 Dz.U. SÚJB, 2026a) w raporcie „Amentum DP29 – Aktualizacja analizy DP17B z uwzględnieniem nowelizacji rozporządzenia nr 422/2016 Dz.U.” (Amentum Clean Energy s.r.o., 2026) określono nowe wartości rocznej dawki skutecznej i obciążenia dawką skuteczną od uwolnień atmosferycznych dla poszczególnych grup wiekowych mieszkańców. Nowo obliczone wartości rocznej dawki skutecznej są niższe w porównaniu z wartościami określonymi na podstawie pierwotnego brzmienia rozporządzenia. Podczas oceny skumulowanych skutków wkładów od bloków ETE 1,2 i nowego źródła energii jądrowej ETE, z przyczyn konserwatywnych zachowano jednak wartości rocznej dawki skutecznej zastosowane w dokumentacji EIA dla nowego źródła energii jądrowej w lokalizacji Temelín (AMEC, 2010). Nie przeprowadzono zatem ich aktualizacji zgodnie z nowelizacją rozporządzenia nr 422/2016 Dz.U. Gdyby do wartości rocznej dawki skutecznej dla ETE 1,2 i nowego źródła energii jądrowej ETE zastosowano współczynniki przeliczeniowe wynikające z nowelizacji rozporządzenia, końcowe wartości zmniejszyłyby się o około 6%.

Tab. 15 Suma rocznych dawek skutecznych i obciążeń dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami narażenia poszczególnych kategorii wiekowych z rocznej eksploatacji bloków ETE1,2 i NJZ ETE (2× 1700 MW_e) od uwolnień do atmosfery, dla wybranych przedmiotowych odległości.

Odległość	Łączna roczna dawka skuteczna i obciążenie dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami					
	Dzieci 0–1 rok	Dzieci 1–2 lat	Dzieci 2–7 lat	Dzieci 7–12 lat	Dzieci 12–17 lat	Dorośli
[m]	[Sv/rok]	[Sv/rok]	[Sv/rok]	[Sv/rok]	[Sv/rok]	[Sv/rok]
2333	1,00E-06	1.35E-06	1,11E-06	1,07E-06	1,03E-06	1,03E-06
3333	6,31E-07	8,85E-07	7,10E-07	6,77E-07	6,48E-07	6,47E-07

Zgodnie z planowanym przedsięwzięciem NJZ ETE, 2 nowe bloki mają zostać ulokowane na północny zachód od obecnego terenu ETE1,2. Fakt ten przesunął odległość miejscowości Litoradlice od NJZ ETE na odległość 4,3 km, a na potrzeby dalszej analizy konserwatywnie nadal uwzględniana jest odległość 3,3 km.

Objętość uwalnianych wód aktywnych ETE1,2 rozcieńczana jest za pomocą wszelkiej ilości nieaktywnych ścieków z elektrowni ETE1,2, przede wszystkim odsolin z chłodni kominowych, a następnie wody odprowadzane są do odbiornika (Wełtawa, przekrój Kořensko). Średni przepływ Wełtawy w przekroju ujścia ścieków z ETE1,2 i planowanego NJZ ETE uwzględniono w dokumentacji EIA dla NJZ ETE na poziomie 50 m³/s.

Wartości w poniższej tabeli zostały skorygowane o współczynnik proporcjonalności wzrostu rocznych dawek skutecznych dla poszczególnych grup wiekowych na podstawie zmiany wynikającej z rozporządzenia nr 13/2026 Dz.U., jako nowelizacji rozporządzenia nr 422/2016 Dz.U. Ponieważ wartości rocznych dawek skutecznych dla ETE1,2 i NJZ ETE po aktualizacji rozporządzenia nr 13/2026 Dz.U. nie są bezpośrednio znane, współczynniki proporcjonalności rocznych dawek skutecznych zostały określone na podstawie danych dla SMR ETE, w oparciu o aktualizację raportu Amentum DP29 – Aktualizacja analizy DP17B z uwzględnieniem nowelizacji rozporządzenia nr 422/2016 Dz.U. (SUJB, 2026a). Wartości rocznych dawek skutecznych oraz obciążenia dawką skuteczną z uwolnień ciekłych SMR okazują się obecnie wyższe niż w przypadku zastosowania współczynników konwersji według pierwotnego brzmienia rozporządzenia nr 422/2016 Dz.U., dlatego konserwatywnie zastosowano współczynnik proporcjonalności zwiększenia również do wartości RED dla ETE1,2 i NJZ ETE.

Tab. 16 Roczna dawka skuteczna i obciążenie dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami w wyniku korzystania z wód od uwolnień do hydrosfery ETE1,2 i NJZ ETE.

Grupa wiekowa [lata]	Łączna roczna dawka skuteczna oraz obciążenie dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami od uwolnień eksploatacyjnych do hydrosfery 2 bloków ETE1,2 (2× 1000 MW _e) [Sv/rok]	Łączna roczna dawka skuteczna oraz obciążenie dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami z wartości projektowych uwolnień do hydrosfery 2 bloków NJZ ETE (2× 1700 MW _e) [Sv/rok]	Suma łącznej rocznej dawki skutecznej i obciążenia dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami od uwolnień do hydrosfery ETE1,2 (2× 1000 MW _e) i NJZ ETE (2× 1700 MW _e) [Sv/rok]
0–1	1,03E-06	2,71E-06	3,74E-06
1–2	8,17E-07	2,24E-06	3,05E-06
2–7	9,30E-07	2,49E-06	3,42E-06
7–12	5,71E-07	1,59E-06	2,16E-06
12–17	4,66E-07	1,38E-06	1,85E-06

Dorośli	6,03E-07	1,84E-06	2,45E-06
----------------	----------	----------	----------

1.10 Ryzyko obciążenia radiacyjnego od zapełnionych zestawów opakowaniowych w SVJP po rozbudowie

W lokalizacji Temelín przygotowywane jest obecnie zwiększenie pojemności przechowalni wypalonego paliwa jądrowego (SVJP) z 96 do 152 zestawów opakowaniowych.

W ramach opracowania dokumentacji EIA dla rozbudowy SVJP oceniono obciążenie radiacyjne promieniowaniem gamma i neutronowym od zapełnionych zestawów opakowaniowych w SVJP po rozbudowie (Podzimek, červen 2024).

Maksymalne spodziewane wartości mocy równoważników dawek w odległości 2 m od płaszcza zestawu opakowaniowego OS ŠKODA 1000/19, zaczerpnięte do obliczenia modelowego podano w tabeli nr 11.

Tab. 17 Maksymalne spodziewane wartości mocy równoważników dawek w odległości 2 m od płaszcza zestawu opakowaniowego OS ŠKODA 1000/19, zaczerpnięte do obliczenia modelowego.

	Neutrony	Promieniowanie gamma	Suma
	[μSv/h]	[μSv/h]	[μSv/h]
2 m od środkowej części płaszcza	61,4	33,0	94,4

Dla konserwatywnego scenariusza docelowego określono moc przestrzennego równoważnika dawki (PDE) w wolnej przestrzeni + ekranowanie budynku dla 38 zestawów opakowaniowych (OS) umieszczonych w pierwszym rzędzie wzdłuż ściany przechowalnika. Oceniono oddziaływanie na najbliższe otoczenie oraz najbliższe na stałe zamieszkane obszary, miejscowość Temelín, część Kočín, oddalona około 1600 m od SVJP. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 18.

Tab. 18 Moce przestrzennego równoważnika dawki w wolnej przestrzeni + ekranowanie budynku SVJP dla 38 OS – konserwatywny scenariusz docelowy.

	PDE [Sv/h] na wysokości 2 m	Liczba OS	Moc przestrzennego równoważnika dawki w wolnej przestrzeni z uwzględnieniem ekranowania budynku [nSv/h]				
			Odległość od OS [m]				
			2	7	100	1000	1600
promieniowanie gamma	3,30E-05	38	1,96E+04	1,60E+03	7,84E+00	7,84E-02	3,06E-02
neutrony	6,14E-05	38	2,30E+04	1,87E+03	9,19E+00	9,19E-02	3,59E-02
promieniowanie gamma + neutrony	9,44E-05	38	4,26E+04	3,47E+03	1,70E+01	1,70E-01	6,65E-02
Udział PDE od neutronów w łącznym PDE	65,0%		54,0%	54,0%	54,0%	54,0%	54,0%

Z tabeli wynikają następujące wnioski:

- W przypadku konserwatywnego scenariusza docelowego, w którym założono maksymalną liczbę 38 OS w pierwszym rzędzie, wkład do obecnego obciążenia radiacyjnego w miejscu najbliższej osady, tj. w miejscowości Temelín (część Kočín), reprezentowany przez **roczny przestrzenny równoważnik dawki** wywołany przez SVJP po rozbudowie, wynosi **$5,83 \times 10^{-7}$ Sv (0,583 μSv)**, co stanowi zaledwie niewielki ułamek obciążenia radiacyjnego od tła naturalnego, które w tej lokalizacji osiąga ok. **5,65 mSv** rocznie (Podzimek, červen 2024).
- Jednocześnie w przypadku rocznego przebywania w miejscowości Kočín, zakładany roczny przestrzenny równoważnik dawki wywołany przez SVJP po rozbudowie **583 nSv** odpowiada **0,058%** rocznego limitu dawki skutecznej dla ludności.

Na dzień 31 grudnia 2025 roku w SVJP przechowywano 48 zestawów opakowaniowych CASTOR 1000/19 z 912 zestawami paliwowymi, 5 OS ŠKODA 1000/19 z 95 zestawami paliwowymi oraz 22 OS ŠKODA 1000/19M z 418 zestawami paliwowymi.

1.11 Ryzyko obciążenia radiacyjnego wynikające z eksploatacji SMR ETE, ETE1,2, SVJP i NJZ ETE

Podczas oceny wspólnego oddziaływania ETE1,2, SVJP ETE (po jego planowanej przyszłej rozbudowie) oraz planowanych przedsięwzięć NJZ ETE i SMR ETE, określono **przedmiotowy obszar** dla uwolnień do atmosfery, który obejmuje miejscowości **Kočín, Zvěrkovice i Litoradlice**.

Oddziaływanie SVJP ETE charakteryzuje się mocami przestrzennego równoważnika dawki w wolnej przestrzeni zgodnie z raportem (Podzimek, červen 2024).

Ocenę skumulowaną przeprowadzono dla przypadku obwiedniowego NJZ ETE $2 \times 1700 \text{ MW}_e$, którego skutki łącznie przewyższają wariant mocy $2 \times 1200 \text{ MW}_e$. W odniesieniu do danych dotyczących dawek skutecznych z ETE1,2 i NJZ ETE zastosowano konserwatywną wartość dla odległości 2333 i 3333 m dla uwolnień do atmosfery. Dla hydrosfery wybrano lokalizację **Neznašov, obejmującą Újezd i Chaty Pašovice**.

Dane reprezentatywne dotyczące maksymalnych rocznych dawek skutecznych od uwolnień atmosferycznych ETE1,2 i NJZ ETE określono w kierunku **północny wschód**. Uwolnienia hydrosferyczne z wszystkich ocenianych elektrowni są wyprowadzone **do Wełtawy – przekrój Kořensko**. W ramach wybranego przedmiotowego obszaru dla uwolnień atmosferycznych miejscowość **Kočín znajduje się na południowy południowy zachód od ETE1,2, Litoradlice znajdują się na wschód-południowy wschód od ETE1,2, a Zvěrkovice znajdują się na północny wschód od ETE1,2**. Biorąc pod uwagę lokalizację miejscowości, realne wkłady rocznych dawek skutecznych od ETE1,2 i NJZ ETE w tych lokalizacjach będą mniejsze (dla miejscowości Zvěrkovice co najwyżej takie same) niż konserwatywnie dobrane dane dla kierunku północno-wschodniego w Dokumentacji EIA dla NJZ ETE (AMEC, 2010).

W analizie oddziaływania radiacyjnego SMR ETE uwzględniono parametry – **rok suchy, średni i mokry** (Abmerit – nuclear and space, 2026).

Podczas określania oddziaływania poszczególnych elektrowni wybrano różne kategorie wiekowe osób reprezentatywnych, w sposób odpowiadający wówczas obowiązującym oraz aktualnie obowiązującym przepisom prawnym. Dlatego podczas porównywania wartości monitorowano nakładanie się danych grup wiekowych i konserwatywnie wybrano najwyższą wartość rocznej dawki skutecznej od uwolnień ETE1,2 i NJZ ETE. Następnie określono wkład SMR ETE oraz wkład ETE1,2 i NJZ ETE. Na potrzeby oceny skumulowanego oddziaływania SMR ETE, suma wartości rocznej dawki skutecznej od ETE1,2 i NJZ ETE jest traktowana jako wartość wkładu ła w napromieniowanie ludności.

Wkłady **rocznej dawki skutecznej i obciążeń dawką skuteczną** wszystkimi uwzględnianymi drogami narażenia **od uwolnień atmosferycznych SMR ETE są znacznie niższe niż wkłady z ETE1,2 i NJZ ETE** dla wszystkich rozpatrywanych scenariuszy. Dla uwzględnianej wysokości komina wentylacyjnego SMR ETE 56 m maksymalny udział rocznej dawki skutecznej osoby reprezentatywnej od uwolnień atmosferycznych lokalizacji ETE wynosi maksymalnie 18%.

Pod względem wkładu rocznej dawki skutecznej z atmosfery na 1 MW_e mocy zainstalowanej, SMR ETE znajduje się na poziomie około 73% ETE1,2 i NJZ ETE.

Wkład **rocznej dawki skutecznej od uwolnień hydrosferycznych** jest dla SMR ETE w przybliżeniu 12-krotnie mniejszy niż wspólny wkład od ETE1,2 i NJZ ETE. W analizie oddziaływania radiacyjnego normalnej eksploatacji SMR ETE określono wartości rocznej dawki skutecznej dla roku suchego 2018, roku średniego 2023 i roku mokrego 2024. Dla ETE1,2 i NJZ ETE jednak określono wartości tylko dla roku średniego, o przepływie Wełtawy $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Dlatego skumulowana roczna dawka skuteczna została określona tylko dla roku średniego 2023.

Tab. 19 Porównanie rocznych dawek skutecznych od uwolnień hydrosferycznych SMR ETE i ETE1,2 + NJZ ETE.

Uwolnienia do hydrosfery	SMR ETE	ETE1,2 + NJZ ETE
Średni roczny przepływ obliczeniowy Wełtawa – Kořensko [m ³ /s]	47,4	50
Grupa wiekowa [lata]	0–5, płód	0–1
Łączna roczna dawka skuteczna i obciążenie dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami [Sv/rok]	1.48E-07 (1,09E-07)	3,74E-06

Łączne roczne dawki skuteczne i obciążenia dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami narażenia na promieniowanie od uwolnień hydrosferycznych SMR ETE kształtują się maksymalnie na poziomie do 5% wkładu od uwolnień hydrosferycznych z lokalizacji ETE, generowanych przez ETE1,2 i NJZ ETE.

W celu określenia skumulowanych maksymalnych rocznych dawek skutecznych dla osoby reprezentatywnej zsumowano maksymalne wartości narażenia ludności na promieniowanie od poszczególnych elektrowni. W rzeczywistości wartości te będą niższe (w przypadku miejscowości Zvěrkovice najwyżej takie same), ponieważ maksymalne oddziaływanie radiacyjne ETE1,2 i NJZ ETE jest określone w kierunku północnowschodnim (Zvěrkovice). Natomiast lokalizacje Kočín (poł.-płd. zach.) i Litoradlice (wsch.-płd. wsch., dla których z obliczeń wynikają najwyższe dawki od uwolnień atmosferycznych ze SMR ETE, znajdują się w innych kierunkach. W rzeczywistości również dawki w miejscowości Zvěrkovice będą niższe, ponieważ uwzględniano konserwatywną odległość od ETE1,2 także dla planowanego NJZ ETE, które będzie oddalone bardziej.

Tab. 20 Skumulowane maksymalne roczne dawki skuteczne dla osoby reprezentatywnej od ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE.

Scenariusz	Lokalizacja, grupa wiekowa osób reprezentatywnych	Maksymalna skumulowana roczna dawka skuteczna (ETE1,2, NJZ ETE, SMR ETE) [Sv/rok]
Scenariusze napromieniowania od uwolnień do atmosfery		
Scenariusz 2a, VK 56 m, rok suchy 2018	Kočín, dzieci 0–5 lat	1,47E+06
Scenariusz 4a,	Zvěrkovice, dzieci 0–5 lat	1,05E-06

VK 56 m, rok średni 2023		
Scenariusz 6a, VK 56 m, rok mokry 2024	Zvěrkovice, dzieci 0–5 lat	1,03E-06
Scenariusze napromieniowania od uwolnień hydrosferycznych		
Scenariusz 1 h, rok średni 2023	Újezd i Chaty Pašovice, płód/dzieci 0–5 lat	3,89E-06

Pod względem **uwolnień atmosferycznych**, maksymalna skumulowana roczna dawka skuteczna wraz z obciążeniem dawką skuteczną osoby reprezentatywnej w okolicach lokalizacji ETE wyniesie maksymalnie **1,47 $\mu\text{Sv/rok}$** , przy wysokości komina wentylacyjnego SMR ETE 56 m. Po uwzględnieniu wkładu mocy przestrzennego równoważnika dawki w wyniku promieniowania z rozbudowanego SVJP, będą to wartości wynoszące maksymalnie **2,05 $\mu\text{Sv/rok}$** , w lokalizacji Kočín.

Pod względem skumulowanych dawek osoby reprezentatywnej od **uwolnień hydrosferycznych**, maksymalna roczna skumulowana dawka skuteczna wraz z obciążeniem dawką skuteczną osoby reprezentatywnej kształtuje się na poziomie **3,89 $\mu\text{Sv/rok}$** , przy uwzględnieniu średniego rocznego przepływu w Wełławie, w lokalizacjach Újezd i Chaty Pašovice.

Ze względu na lokalizację osoby reprezentatywnej, wkład SVJP nie wpłynie na jej narażenie.

Do obliczenia łącznego obciążenia radiacyjnego i łącznego uszczerbku na zdrowiu zastosujemy następujące dane wyjściowe:

- Maksymalna wartość dawki skutecznej, w tym obciążenia dawką skuteczną, dla osoby reprezentatywnej w wyniku **obwiedniowych uwolnień od ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE do atmosfery wynosi $1,47 \times 10^{-6} \text{ Sv/rok}$** , a mianowicie w lokalizacji Kočín. W lokalizacji Kočín zastosowanie znajdzie również moc przestrzennego równoważnika dawki, która po rozbudowie SVJP może w tej lokalizacji osiągać wartość do **$5,81 \times 10^{-7} \text{ Sv/rok}$** . Łączne obciążenie radiacyjne w lokalizacji Kočín wynikające ze wspólnego oddziaływania wszystkich JZ w lokalizacji Temelín mogłoby zatem osiągać wartości do **$2,05 \times 10^{-6} \text{ Sv/rok}$** .
- Maksymalna wartość dawki skutecznej, w tym obciążenia dawką skuteczną, dla osoby reprezentatywnej w wyniku **obwiedniowych uwolnień od ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE do hydrosfery wynosi $3,89 \times 10^{-6} \text{ Sv/rok}$** , a mianowicie w lokalizacjach Újezd i Chaty Pašovice.

- W lokalizacji **Pašovice** roczny wkład dawki skutecznej i obciążenia dawką skuteczną od uwolnienia do atmosfery od **ETE1,2 jest równy $1,25 \times 10^{-7}$ Sv/rok** (AMEC, 2010).
- W lokalizacji **Pašovice** roczny wkład dawki skutecznej i obciążenia dawką skuteczną od uwolnienia do atmosfery od **NJZ ETE wynosi $2,95 \times 10^{-7}$ Sv/rok** (AMEC, 2010).
- W lokalizacji **Pašovice** roczny wkład dawki skutecznej i obciążenia dawką skuteczną od uwolnienia do atmosfery od **SMR ETE wynosi $1,6 \times 10^{-8}$ Sv/rok**.
- Maksymalna wartość dawki skutecznej, w tym obciążenia dawką skuteczną, dla osoby reprezentatywnej w wyniku **obwiedniowych uwolnień od ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE do hydrosfery i atmosfery wynosi $4,33 \times 10^{-6}$ Sv/rok**.

Tab. 21 Oddziaływanie uwolnień z SMR ETE, ETE1,2, SVJP a NJZ ETE do atmosfery dla osoby reprezentatywnej.

Oddziaływanie uwolnień z eksploatacji SMR ETE, ETE1,2, SVJP i NJZ ETE do atmosfery dla osoby reprezentatywnej w lokalizacji Kočín			
Roczne obciążenie radiacyjne [Sv/rok]	Okres przebywania [lata]	Obciążenie radiacyjne przez okres przebywania [Sv]	Łączny uszczerbek na zdrowiu
2,05E-06	1	2,05E-06	1,17E-07
	5	1,03E-05	5,84E-07
	10	2,05E-05	1,17E-06
	20	4,10E-05	2,34E-06
	30	6,15E-05	3,51E-06
	50	1,03E-04	5,84E-06
	70	1,44E-04	8,18E-06

Tab. 22 Oddziaływanie uwolnień z SMR ETE, ETE1,2, SVJP a NJZ ETE do hydrosfery dla osoby reprezentatywnej.

Oddziaływanie uwolnień z eksploatacji SMR ETE, ETE1,2, SVJP i NJZ ETE do hydrosfery dla osoby reprezentatywnej w lokalizacji Pašovice			
Roczne obciążenie radiacyjne [Sv/rok]	Okres przebywania [lata]	Obciążenie radiacyjne przez okres przebywania [Sv]	Łączny uszczerbek na zdrowiu
3,89E-06	1	3,89E-06	2,22E-07
	5	1,95E-05	1,11E-06
	10	3,89E-05	2,22E-06
	20	7,78E-05	4,43E-06
	30	1,17E-04	6,65E-06
	50	1,95E-04	1,11E-05
	70	2,72E-04	1,55E-05

Tab. 23 Wspólne oddziaływanie uwolnień z eksploatacji SMR ETE, ETE1,2, SVJP i NJZ ETE do atmosfery i hydrosfery dla osoby reprezentatywnej

Wspólne oddziaływanie uwolnień z eksploatacji SMR ETE, ETE1,2, SVJP i NJZ ETE do atmosfery i hydrosfery dla osoby reprezentatywnej w lokalizacji - Pašovice			
Roczne obciążenie radiacyjne [Sv]	Okres przebywania [lata]	Obciążenie radiacyjne przez okres przebywania [Sv]	Łączny uszczerbek na zdrowiu
4,33E-06	1	4,33E-06	2,47E-07
	5	2,17E-05	1,23E-06
	10	4,33E-05	2,47E-06
	20	8,66E-05	4,94E-06
	30	1,30E-04	7,40E-06
	50	2,17E-04	1,23E-05
	70	3,03E-04	1,73E-05

Te wartości rocznych dawek skutecznych są zarówno pojedynczo, jak i sumarycznie znacznie niższe niż ogranicznik dawki, określony w § 82 ustawy Prawo atomowe (ustawa nr 263/2016 Dz.U., z późniejszymi zmianami), który wynosi 250 μSv na rok dla osoby reprezentatywnej. W przypadku energetycznych obiektów jądrowych wartość ta ma zastosowanie sumarycznie dla wszystkich obiektów jądrowych na danym obszarze pod usytuowanie obiektu jądrowego, przy czym dla uwolnień do atmosfery określona jest wartość 200 μSv na rok, a dla uwolnień do wód powierzchniowych 50 μSv na rok. Maksymalna obliczona roczna dawka skuteczna 0,3 μSv na rok odpowiada około 0,12% łącznego ogranicznika dawki wynoszącego 250 μSv na rok. W przypadku oceny uwolnień do atmosfery wartość ta stanowi około 0,15% odpowiedniego ogranicznika dawki wynoszącego 200 μSv na rok.

Ocena napromieniowania od przechowalnika wypalonego paliwa jądrowego jest przeprowadzana oddzielnie i nie jest włączona do oceny ogranicznika dawki dla uwolnień.

Obliczenie obciążenia radiacyjnego w czasie przebywania, a tym samym ryzyko uszczerbku na zdrowiu, określono bardzo konserwatywnie, ponieważ:

- przyjmowano najwyższą stwierdzoną dawkę dla kategorii wiekowej, tak jakby działała przez cały czas, bez względu na rzeczywisty wiek osoby reprezentatywnej i jego zmianę w czasie,
- nie uwzględniano działania kierunkowego przy wspólnym oddziaływaniu uwolnień atmosferycznych ETE1,2 i NJZ ETE i przyjmowano maksymalną stwierdzoną wartość w określonej odległości,
- SVJP przyjmowano jako maksymalnie zapełniony, tj. 38 OS w skrajnym rzędzie, co w podanym czasie obliczeniowym nie ma miejsca.
- Łączny nominalny współczynnik ryzyka łącznego uszczerbku $5,7 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ stanowi średnią dla populacji obejmującą wszystkie grupy wiekowe, w tym dzieci. Wartość dla dorosłych $4,2 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ jest niższa, ponieważ w populacji dorosłych całonocowe ryzyko skutków stochastycznych jest przy takiej samej dawce mniejsze.
- Podczas obliczania całonocowego ryzyka uszczerbku na zdrowiu zastosowano taki sam algorytm obliczeniowy (DDREF = 1) jak w raporcie (Kotulán, 2010), by możliwe było porównywanie wyników.
- Dawki frakcjonowane lub protrahowane wiążą się jednak z mniejszym ryzykiem, co wskazuje, że specyficzne dla dawki szacunki pochodzące z wysokich dawek przy narażeniu ostrym powinny być dzielone przez współczynnik skuteczności dawki i mocy dawki (DDREF) w przypadku zastosowań przy niskich dawkach ciągłych lub frakcjonowanych.
- Współczynnik skuteczności dawki i mocy dawki (Dose and dose-rate effectiveness factor – DDREF) jest określonym szacunkowo współczynnikiem, który ogólnie charakteryzuje zwykle niższą skuteczność biologiczną (na jednostkę dawki) przy napromieniowaniu

niskimi dawkami i niskimi mocami dawek w porównaniu z napromieniowaniem wysokimi dawkami i wysokimi mocami dawek.

- Wartość DDREF = 2 jest ogólnie kompatybilna z danymi z badań na zwierzętach, przy wszystkich niepewnościach Komisja ICRP zaleca, by DDREF = 2 była nadal stosowana do celów ochrony radiologicznej (ICRP 103, 2009).
- W przypadku zastosowania współczynnika DDREF = 2 wartość łącznego uszczerbku na zdrowiu będzie o połowę mniejsza.

Ryzyko zdrowotne jest uważane za **całkowicie pomijalne**, zwłaszcza w porównaniu z innymi czynnikami wpływającymi na zdrowie ludności (np. jakość powietrza, styl życia).

1.12 Ryzyko obciążenia radiacyjnego z eksploatacji ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE na obszarach przygranicznych

Dla skumulowanego oddziaływania na Austrię określono osobę reprezentatywną w **lokalizacji Rottal** w kategorii wiekowej 6–15 lat.

Maksymalna roczna dawka skuteczna od uwolnień SMR ETE, ETE1,2 i NJZ ETE dla tej osoby reprezentatywnej nie przekroczy **50 nSv**. Wkład SMR ETE w tę wartość stanowi mniej niż 10%.

Dla skumulowanego oddziaływania na Niemcy osobę reprezentatywną określono w **lokalizacji Schnellenzipf**, w kategorii wiekowej 6–15 lat.

Maksymalna roczna dawka skuteczna od uwolnień SMR ETE, ETE1,2 i NJZ ETE dla tej osoby reprezentatywnej nie przekroczy **65 nSv**. Wkład SMR ETE w tę wartość stanowi mniej niż 5%.

Roczne dawki skuteczne dla Niemiec są wyższe z powodu dawek od ETE1,2 i NJZ ETE, które zostały określone na podstawie starszych danych meteorologicznych, kiedy to kierunek wiatru i wpływ meteorologiczny na Niemcy były bardziej istotne. (Amentum Clean Energy s.r.o, 2026)

Ze względu na odległość SVJP nie ma udziału w napromieniowaniu osoby w tej lokalizacji.

Tab. 24 Ryzyko obciążenia radiacyjnego z eksploatacji ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE na obszarach przygranicznych Austrii.

Ryzyko obciążenia radiacyjnego z eksploatacji ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE na obszarach przygranicznych Austrii			
Roczne obciążenie radiacyjne [Sv/rok]	Okres przebywania [lata]	Obciążenie radiacyjne przez okres przebywania [Sv]	Łączny uszczerbek na zdrowiu
5,00E-08	1	5,00E-08	2,85E-09
	5	2,50E-07	1,43E-08
	10	5,00E-07	2,85E-08

	20	1,00E-06	5,70E-08
	30	1,50E-06	8,55E-08
	50	2,50E-06	1,43E-07
	70	3,50E-06	2,00E-07

Ryzyko zdrowotne jest uważane za **całkowicie pomijalne**, zwłaszcza w porównaniu z innymi czynnikami wpływającymi na zdrowie ludności (np. jakość powietrza, styl życia).

Tab. 25 Ryzyko obciążenia radiacyjnego z eksploatacji ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE na obszarach przygranicznych Niemiec.

Ryzyko obciążenia radiacyjnego z eksploatacji ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE na obszarach przygranicznych RFN			
Roczne obciążenie radiacyjne [Sv/rok]	Okres przebywania [lata]	Obciążenie radiacyjne przez okres przebywania [Sv]	Łączny uszczerbek na zdrowiu
6,50E-08	1	6,50E-08	3,71E-09
	5	3,25E-07	1,85E-08
	10	6,50E-07	3,71E-08
	20	1,30E-06	7,41E-08
	30	1,95E-06	1,11E-07
	50	3,25E-06	1,85E-07
	70	4,55E-06	2,59E-07

Ryzyko zdrowotne jest uważane za **całkowicie pomijalne**, zwłaszcza w porównaniu z innymi czynnikami wpływającymi na zdrowie ludności (np. jakość powietrza, styl życia).

1.13 Wniosek

W ramach oceny planowanej sytuacji narażenia podczas normalnej eksploatacji SMR ETE określono maksymalne roczne dawki skuteczne dla osoby reprezentatywnej, spowodowane atmosferycznymi i ciekłymi uwolnieniami substancji promieniotwórczych. Jednocześnie zidentyfikowano dominujące drogi napromieniowania oraz radionuklidy, które mają największy wkład w łączną roczną dawkę skuteczną. Niniejsza ocena ogranicza się do skutków radiacyjnych normalnej eksploatacji obiektu i nie obejmuje potencjalnego napromieniowania podczas nadzwyczajnych sytuacji radiacyjnych, gotowości awaryjnej ani oceny nieradiacyjnych wpływów na środowisko i zdrowie ludności. Zagadnienia te są rozpatrywane oddzielnie w stosownych częściach dokumentacji i powiązanych analizach bezpieczeństwa.

W nawiązaniu do analizy dla SMR ETE porównano oddziaływanie radiacyjne SMR ETE z oddziaływaniem ETE1,2 i NJZ ETE. Na podstawie porównania wykazano, że roczne dawki skuteczne od obwiedniowych uwolnień atmosferycznych SMR ETE są ogólnie **znacznie niższe** niż sumaryczne roczne dawki skuteczne od ETE1,2 i NJZ ETE. Na podstawie oceny oddziaływania radiacyjnego SMR ETE od uwolnień do hydrosfery określono główne drogi napromieniowania jako obciążenie dawką skuteczną w wyniku spożycia żywności i wody pitnej. W przypadku uwolnień hydrosferycznych roczne dawki skuteczne kształtowały się na poziomie **4%** łącznego wkładu lokalizacji ETE.

Wartości rocznej dawki skutecznej osoby reprezentatywnej od uwolnień hydrosferycznych SMR ETE kształtują się na poziomie **0,1 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$** dla lat średnich.

Wartości maksymalnego wkładu uwolnień atmosferycznych, a także hydrosferycznych w napromieniowanie ludności od SMR ETE kształtują się na poziomie do **0,30 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$** .

Konserwatywnie określone skumulowane wkłady od uwolnień atmosferycznych ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE osiągają maksymalne wartości na poziomie **1,47 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$** . Spośród podanych dawek, SMR ETE generuje maksymalnie **18%**. Po uwzględnieniu wkładu mocy przestrzennego równoważnika dawki w wyniku promieniowania z rozbudowanego SVJP, będą to wartości wynoszące maksymalnie **2,05 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$** .

Konserwatywnie określone skumulowane wkłady od uwolnień hydrosferycznych ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE osiągają maksymalne wartości na poziomie **3,89 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$** , w latach średnich.

Maksymalna wartość dawki skutecznej, w tym obciążenia dawką skuteczną, dla osoby reprezentatywnej w wyniku **obwiedniowych uwolnień od ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE do hydrosfery i atmosfery wynosi $4,33 \times 10^{-6} \text{ Sv}/\text{rok}$** .

Maksymalna wartość jest osiągana w lokalizacji Pašovice, a udział w niej mają przede wszystkim uwolnienia do hydrosfery z NJZ ETE i ETE1,2.

Te skumulowane **wkłady znajdują się bezpiecznie poniżej wartości ogranicznika dawkowego określonego w ustawie Prawo atomowe**, dla uwolnień do hydrosfery (**50 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$**) oraz atmosfery (**200 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$**) dla wszystkich obiektów jądrowych w lokalizacji Temelín.

1.14 Bibliografia

- Abmerit – nuclear and space. (červen 2026). .: DP29 – REVIZE STUDIE DP17 SE ZOHLEDNĚNÍM NOVELY V422. V *Abmerit/2026/Amentum/02*. Trnava: ABmerit, s.r.o.
- AMEC. (2010). Nový jaderný zdroj v lokalitě Temelín včetně vyvedení výkonu do rozvodny Kočín, Dokumentace vlivů záměru na životní prostředí. *Květen 2010*.
- Amentum Clean Energy s.r.o. (2026). DP17B – Kumulativní vliv normálního provozu SMR ETE, ETE1,2 a NJZ ETE na ozáření obyvatelstva, rev.1. *SMR ETE – Dokumentace EIA*.
- Cinelli, G. D. (2019). European Atlas of Natural Radiation,. Luxembourg,.
- Česko. (2016). *Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon*. Praha: Sbírka zákonů České republiky.
- Česko. (2016a). *Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje - Vyhláška 422/2016*. Praha: Sbírka zákonů České republiky.
- Česko. (2025). *Zákon č. 83/2025 Sb., kterým se mění zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, ve znění pozdějších předpisů. V Sbírka zákonů: částka 83/2025 – datum zveřejnění ve Sbírce (27. 3. 2025)*. Česká republika: Platnost/účinnost: nabyl platnosti 27. 3. 2025, účinnost od 1. 7. 2025.
- ČGS. (2016). *Geologická mapa České republiky 1:500 000*. Praha: ČGS.
- ČGS. (2023). *mapy.geology.cz/radon/*. Načteno z <https://mapy.geology.cz/radon/>
- ICRP 103. (2009). ICRP Publikace 103: 2007 Doporučení Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu, český překlad ICRP Publication 103: 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection,. Praha.
- ICRP. (1991). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 60*.
- Kotulán, J. (2010). Nový jaderný zdroj elektrárny Temelín - Hodnocení vlivů na veřejné zdraví. *ARTECH spol. s r.o.*
- Petrová, K. (05. 03 2021). *Hodnocení lékařského ozáření*. Získáno 16. 12 2021, z SUJB: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/lekarske-ozareni/hodnoceni-lekarskeho-ozareni>
- Podzimek, F. (2024). *Radioaktivita a ionizující záření kolem nás*. Praha: České vysoké učení technické.
- Podzimek, F. (červen 2024). Posouzení vlivu radiace dostavby SVJP na obyvatelstvo a veřejné zdraví. V . Praha: ČVUT v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Katedra zdravotnických odborů a ochrany obyvatelstva.
- SUJB. (2026a). *Vyhláška č. 13/2026 Sb., kterou se mění vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*.

SÚJB. (2026b). *Výroční zprávy SÚJB*. Získáno 10. 08 2025, z SUJB:
<https://www.sujb.cz/dokumenty-a-publikace/vyrocní-zpravy>

UNEP. (2016). Ionizující záření. Účinky a zdroje.

UNSCEAR. (2012). *Sources, effects and risks of ionizing radiation [UNSCEAR 2012 report]* (Scientific annexes: Uncertainties in risk estimates for radiation-induced cancer. United Nations, 2012.. vyd.). New York: United Nations, .

1.15 Lista skrótów

Skrót	Znaczenie
ALARA	Tak niskie, jak jest to rozsądnie osiągalne (As Low As Reasonably Achievable)
CRPO	Centralny Rejestr Pracowników Narażonych na Promieniowanie
CT	Tomografia komputerowa (Computed Tomography)
ČGS	Czeska Służba Geologiczna
RCz	Republika Czeska
DDREF	Współczynnik skuteczności dawki i mocy dawki
DNA	Kwas deoksyrybonukleinowy
DOM	Ogranicznik dawki
EIA	Environmental Impact Assessment – ocena oddziaływania na środowisko
ESTE	System Środowiskowy Temelín
ETE	Obiekt jądrowy składający się z istniejących 2 bloków VVER1000 (ETE1,2) oraz przygotowywanego 3. i 4. bloku (NJZ ETE)
ETE1,2	Elektrownia Jądrowa Temelín (eksploatowane bloki 1 i 2)
EURDEP	Europejska Platforma Wymiany Danych Radiologicznych
ICRP	Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej
EJ	Elektrownia Jądrowa
JZ	Obiekt jądrowy
LNT	Liniowy model bezprogowy
MonRaS	Sieci monitorowania promieniowania
NJZ	Nowe źródło energii jądrowej
NJZ ETE	Nowe źródło energii jądrowej w lokalizacji Temelín
NORMAL	Program obliczeniowy NORMAL do oceny rozprzestrzeniania się radionuklidów i określania skutków radiacyjnych
NVA	Najmniejsza istotna aktywność
OS	Zestaw opakowaniowy
PDE	Moc równoważnika dawki
PES	Planowane sytuacje narażenia
PFDE	Moc przestrzennego równoważnika dawki
RDETE	Program do obliczania rozprzestrzeniania się substancji promieniotwórczych i produktów ich rozpadu w środowisku wodnym
RTG	Promieniowanie rentgenowskie

Skrót	Znaczenie
SI	Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (Système International d'Unités)
SMR	Mały reaktor modułowy
SMR ETE	Mały reaktor modułowy (ang. Small Modular Reactor) w lokalizacji Temelín
SVJP	Przechowalnik wypalonego paliwa jądrowego
SVZ	System wczesnego wykrywania
SÚJB	Państwowy Urząd Bezpieczeństwa Jądrowego
SÚRO	Państwowy Instytut Ochrony Radiologicznej
TLD	Dozymetry termoluminescencyjne
UNEP	Program Narodów Zjednoczonych ds. Środowiska
UNSCEAR	Komitety Naukowy ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego
VK	Komin wentylacyjny

1.16 Lista tabel

Tab. 1 Porównanie skutków deterministycznych i stochastycznych.....	5
Tab. 2 Nominalne współczynniki ryzyka [μSv^{-1}] odniesione do uszczerbku dla skutków stochastycznych dla narażenia na promieniowanie o niskiej mocy dawki (ICRP 103, 2009), (ICRP, 1991).....	9
Tab. 3 Główne źródła obciążenia radiacyjnego ludności od źródeł naturalnych.....	15
Tab. 4 Szacunek średniej rocznej dawki skutecznej [mSv] od tła naturalnego na jednego mieszkańca w wybranych państwach (Cinelli, 2019)	16
Tab. 5 Średnie kwartalne wartości mocy przestrzennego równoważnika dawki nSv/h] zmierzone przez lokalną sieć pomiarów integralnych (TLD) w okolicach EJ Temelín oraz na obszarze RCz w 2025 roku (SÚJB, 2026b).	18
Tab. 6 Zestawienie monitorowanych pozycji środowiska i łańcucha pokarmowego w okolicach EJ Temelín w 2024 roku (dostawca danych SÚJB i SÚRO) (SÚJB, 2026b).	27
Tab. 7 Sumaryczne wyniki, dawka wraz z obciążeniem na osobę reprezentatywną jako skutek obwiedniowych uwolnień z SMR ETE – atmosfera.	33
Tab. 8 Sumaryczne wyniki, dawka skuteczna wraz z obciążeniem dawką skuteczną na osobę reprezentatywną jako skutek obwiedniowych uwolnień SMR ETE – hydrosfera.	34
Tab. 9 Pierwotne i wtórne radionuklidy o wkładzie w roczną dawkę skuteczną osoby reprezentatywnej od SMR ETE (Atmosfera).	34
Tab. 10 Pierwotne i wtórne radionuklidy o wkładzie w roczną dawkę skuteczną osoby reprezentatywnej od SMR ETE (hydrosfera).	35
Tab. 11 Identyfikacja osoby reprezentatywnej i sumaryczna dawka dla osoby reprezentatywnej wszystkimi drogami napromieniowania w wyniku rocznych uwolnień obwiedniowych z SMR ETE w poszczególnych analizowanych wariantach (Abmerit – nuclear and space, 2026).	36
Tab. 12 Skumulowane oddziaływanie uwolnień z SMR ETE do atmosfery dla osoby reprezentatywnej.....	37
Tab. 13 Skumulowane oddziaływanie uwolnień z SMR ETE do hydrosfery dla osoby reprezentatywnej.....	38
Tab. 14 Wspólne oddziaływanie uwolnień z SMR ETE do atmosfery i hydrosfery dla osoby reprezentatywnej.....	38
Tab. 15 Suma rocznych dawek skutecznych i obciążeń dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami narażenia poszczególnych kategorii wiekowych z rocznej eksploatacji	

bloków ETE1,2 i NJZ ETE ($2 \times 1700 \text{ MW}_e$) od uwolnień do atmosfery, dla wybranych przedmiotowych odległości.....	40
Tab. 16 Roczna dawka skuteczna i obciążenie dawką skuteczną wszystkimi uwzględnianymi drogami w wyniku korzystania z wód od uwolnień do hydrosfery ETE1,2 i NJZ ETE.	41
Tab. 17 Maksymalne spodziewane wartości mocy równoważników dawek w odległości 2 m od płaszcza zestawu opakowaniowego OS ŠKODA 1000/19, zaczerpnięte do obliczenia modelowego.....	42
Tab. 18 Moce przestrzennego równoważnika dawki w wolnej przestrzeni + ekranowanie budynku SVJP dla 38 OS – konserwatywny scenariusz docelowy.....	43
Tab. 19 Porównanie rocznych dawek skutecznych od uwolnień hydrosferycznych SMR ETE i ETE1,2 + NJZ ETE.....	45
Tab. 20 Skumulowane maksymalne roczne dawki skuteczne dla osoby reprezentatywnej od ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE.	45
Tab. 21 Oddziaływanie uwolnień z SMR ETE, ETE1,2, SVJP a NJZ ETE do atmosfery dla osoby reprezentatywnej.....	47
Tab. 22 Oddziaływanie uwolnień z SMR ETE, ETE1,2, SVJP a NJZ ETE do hydrosfery dla osoby reprezentatywnej.....	48
Tab. 23 Wspólne oddziaływanie uwolnień z eksploatacji SMR ETE, ETE1,2, SVJP i NJZ ETE do atmosfery i hydrosfery dla osoby reprezentatywnej.....	48
Tab. 24 Ryzyko obciążenia radiacyjnego z eksploatacji ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE na obszarach przygranicznych Austrii.	50
Tab. 25 Ryzyko obciążenia radiacyjnego z eksploatacji ETE1,2, NJZ ETE i SMR ETE na obszarach przygranicznych Niemiec.	51

1.17 Lista obrazków

Obr. 1 Udział ważonej średniej rocznej dawki skutecznej [%] od różnych naturalnych źródeł promieniowania w łącznej dawce skutecznej dla Republiki Czeskiej (Podzimek, 2024).....	17
Obr. 2 Rozlokowanie punktów pomiarowych w MonRaS w okolicach EJ ETE.....	18
Obr. 3 Moc fotonowego równoważnika dawki (PFDE) w lokalizacji Temelín według europejskiej bazy danych EURDEP w okresie 15–22.08.2025 r.....	21
Obr. 4 Indeks radonowy w lokalizacji Týn nad Vltavou (ČGS, mapy.geology.cz/radon/, 2023). .	22
Obr. 5 Przybliżony udział poszczególnych monitorowanych grup w dawce zbiorowej w 2020 roku (według ostatnich dostępnych danych) (Podzimek, 2024).	26