

ATÓMOVÉ ELEKTRÁRNE BOHUNICE V2

Čistá energia



Skupina Enel v číslach



Enel je medzinárodná skupina, ktorá pôsobí v 40 krajinách na štyroch kontinentoch. Medzi energetickými spoločnosťami kótovanými v Európe je Enel druhou najväčšou spoločnosťou, čo sa týka inštalovaného výkonu, a patrí medzi popredné spoločnosti z hľadiska počtu akcionárov, s počtom 1,2 milióna investorov. Skupina zároveň patrí medzi najväčšie energetické spoločnosti sveta v oblasti trhovej kapitalizácie. Enel vyrába 296 TWh elektriny za rok prostredníctvom vyváženého portfólia energetických zdrojov. Elektrárne majú

celkový výkon 98 700 MW, pričom viac ako tretina sa vyrába z obnoviteľných zdrojov energie, ktorých využitie neustále narastá obzvlášť v Severnej, Strednej a Južnej Amerike. Na distribúciu energie skupina Enel využíva 1,9 milióna km energetických vedení. Navyše Enel predáva elektrinu 56 miliónom odberateľov a plyn 5 miliónom konečných odberateľov, vrátane domácností a podnikov. Slovenské elektrárne sú spoločnosťou skupiny Enel, ktorá pôsobí na Slovensku.

Krajín

40¹⁾

Výroba elektriny

296

TWh

Kontinenty

4

Dodávka elektriny

414

TWh

Čistý inštalovaný výkon

98,7

GW

Predaj elektriny

317

TWh

Inštalovaný výkon obnoviteľných zdrojov

36 673

MW

Podiel elektriny bez emisií CO₂

42 %

Zákazníkov

61

mil.

Zamestnancov

73 537

EBITDA

16,7²⁾

mld. €

Investície

27,2³⁾

mld. €

Hodnoty k 30. 6. 2013
Zdroj údajov: Enel
Poznámky sú uvedené na vnútornej strane zadného obalu.

Slovenské elektrárne v číslach

Slovenské elektrárne, člen skupiny Enel, sú najväčším výrobcom elektriny na Slovensku a druhým najväčším v strednej a východnej Európe. Spoločnosť tiež vyrába a predáva teplo a poskytuje podporné služby pre elektrizačnú sústavu.

Slovenské elektrárne disponujú 5 739 MWe (k 31. decembru 2012) inštalovaného výkonu a majú ideálny výrobný mix – jadro, vodu a klasické zdroje. Prevádzkujú 34 vodných, 2 atómové, 2 tepelné a 2 fotovoltaické elektrárne.

Inštalovaný výkon

5 739⁴⁾
MW

Investície

682
mil. €

Predaj koncovým odberateľom

4,6
TWh

Výroba elektriny

22
TWh

Ľudské zdroje

4 794
zamestnancov

Úspora emisií CO₂ z 1 bloku AE

4
mil. ton

Dodávka elektriny

20
TWh

EBITDA

834
mil. €

Udalosti na JE podľa INES

0⁵⁾
prevádzkových udalostí

Hodnoty k 31. 12. 2012
Zdroj údajov: Slovenské elektrárne
Poznámky sú uvedené na vnútornej strane zadného obalu.



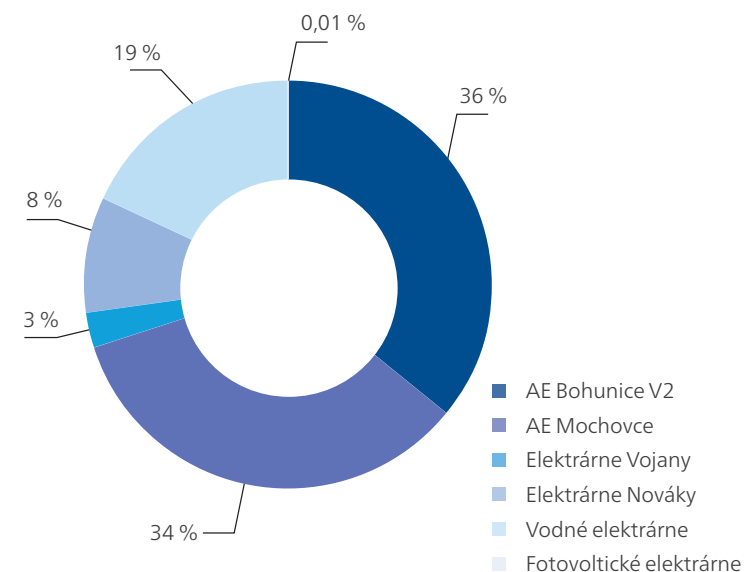


Jadro v energetickom mixe

Jadrové elektrárne majú svoje pevné miesto v globálnom energetickom mixe a ich význam pri znižujúcich sa zásobách fosílnych palív neustále rastie. Jadrová energetika ako „bezuhlíkový“ zdroj má nenahradiťnú úlohu aj z pohľadu záväzku členských krajín EÚ zredukovať emisie CO₂ o 20 % úrovne roku 1990 do roku 2020.

Pri prevádzke jadrových elektrární sa do atmosféry nevypúšťajú žiadne skleníkové plyny, čím na celom svete každoročne prispievajú k zníženiu emisií CO₂ o 800 mil. ton, pričom na Slovensku je to asi 15 mil. ton CO₂ ročne. Bez elektriny vyrobenej z jadra by boli v EÚ emisie tohto plynu o dve tretiny vyššie.

Výroba elektriny v roku 2012 (~22 TWh)



Slovenské elektrárne

vyrábajú **89 %**
elektriny bez emisií CO₂

Výroba elektriny

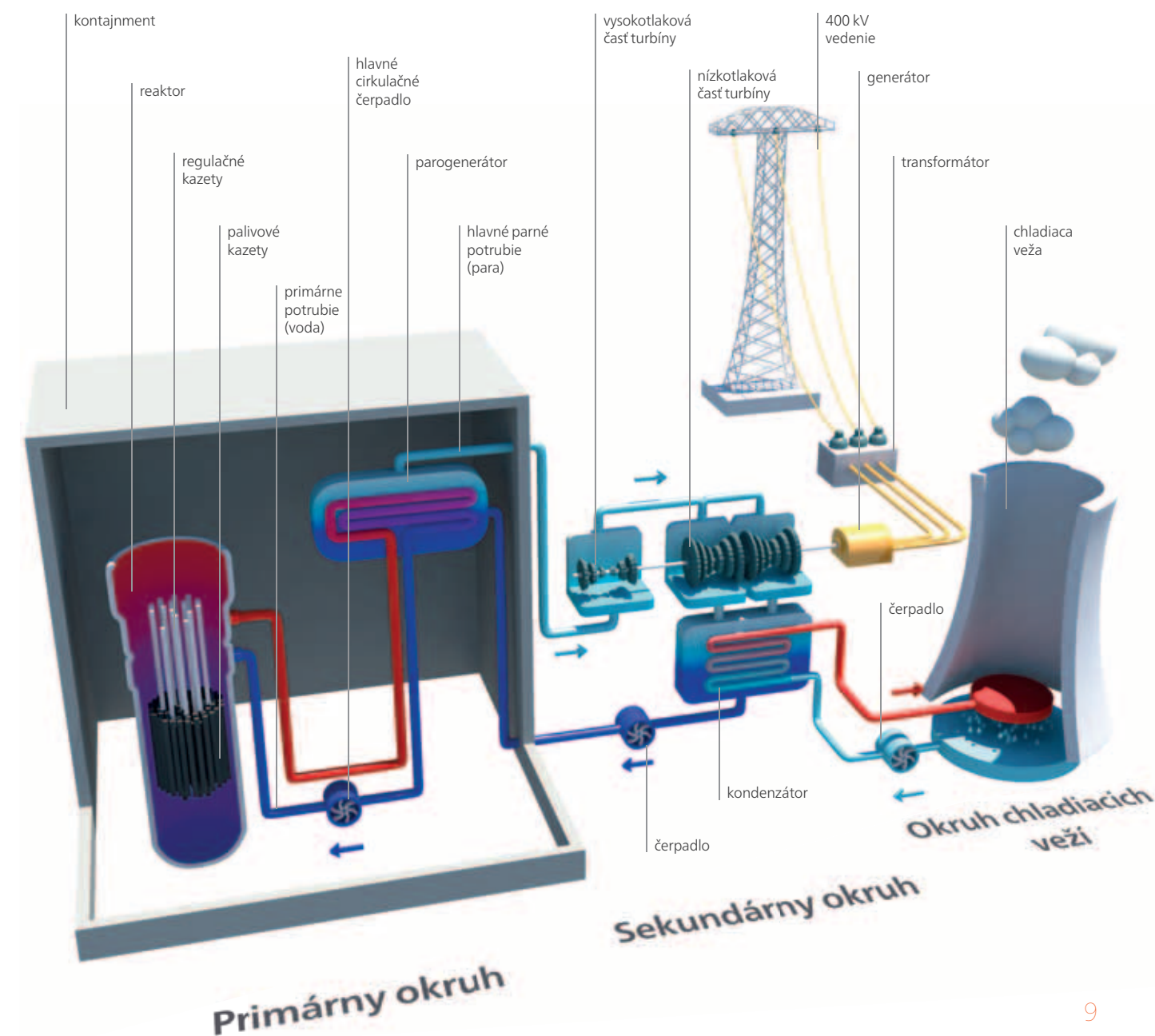
Princíp výroby elektriny v jadrovej elektrárni je podobný ako v klasickej tepelnej elektrárni – hlavný rozdiel je v zdroji tepla, ktoré sa neskôr mení na elektrinu. Zatiaľ čo v tepelnej elektrárni je zdrojom tepla fosílné palivo (uhlie, plyn, biomasa), v jadrovej elektrárni je to jadrové palivo.

V reaktore, cez ktorý preteká chladivo (chemicky upravená voda), sú umiestnené palivové kazety. Chladivo preteká kanálíkmi v palivových kazetách a odvádza teplo, ktoré vzniká pri štiepnej reakcii. Ohriata voda primárneho okruhu vystupuje z reaktora s teplotou asi 300 °C a privádza sa do tepelných výmenníkov – parogenerátorov, kde odovzdáva teplo odvedené z reaktora chladnejšej vode sekundárneho okruhu. Obidva okruhy sú od seba hermeticky oddelené.

Kým sa ochladená voda primárneho okruhu vracia späť do reaktora, voda sekundárneho okruhu sa odparuje v parogenerátore. Takto vyrobená vysokotlaková para sa odvádza do turbín, kde expanduje a roztáča ich. Hriadeľ turbíny je spojený s generátorom, ktorý vyrába elektrinu. Po prechode turbínou para mení skupenstvo v kondenzátore a vracia sa späť do parogenerátora ako voda. Kondenzátor sa chladí tretím chladiacim okruhom pomocou chladiacich veží. Voda odparená z chladiacich veží sa dopĺňa z neďalekej rieky Váh. Takto sa zabezpečuje, aby nedošlo k žiadnemu priamemu kontaktu medzi vodou primárneho okruhu, ktorá chladí reaktor, a vodou vracajúcou sa do životného prostredia vo forme pary z chladiacich veží.



Tepelná schéma VVER 440/V-213



Cyklus jadrového paliva

Cyklus jadrového paliva je sériou priemyselných procesov, ktoré zahŕňajú výrobu elektriny zo štiepenia uránu v jadrových elektrárnach. Urán je relatívne bežný prvok – mierne rádioaktívny kov, ktorý sa nachádza v zemskej kôre. Je ho asi 500-krát viac ako zlata a približne toľko ako cínu. Je prítomný vo väčšine skál a v pôdach, ako aj v riekach a morskej vode. Pred jeho použitím ako paliva v jadrovom reaktore sa musí spracovať.

1. Ťažba a úprava uránovej rudy

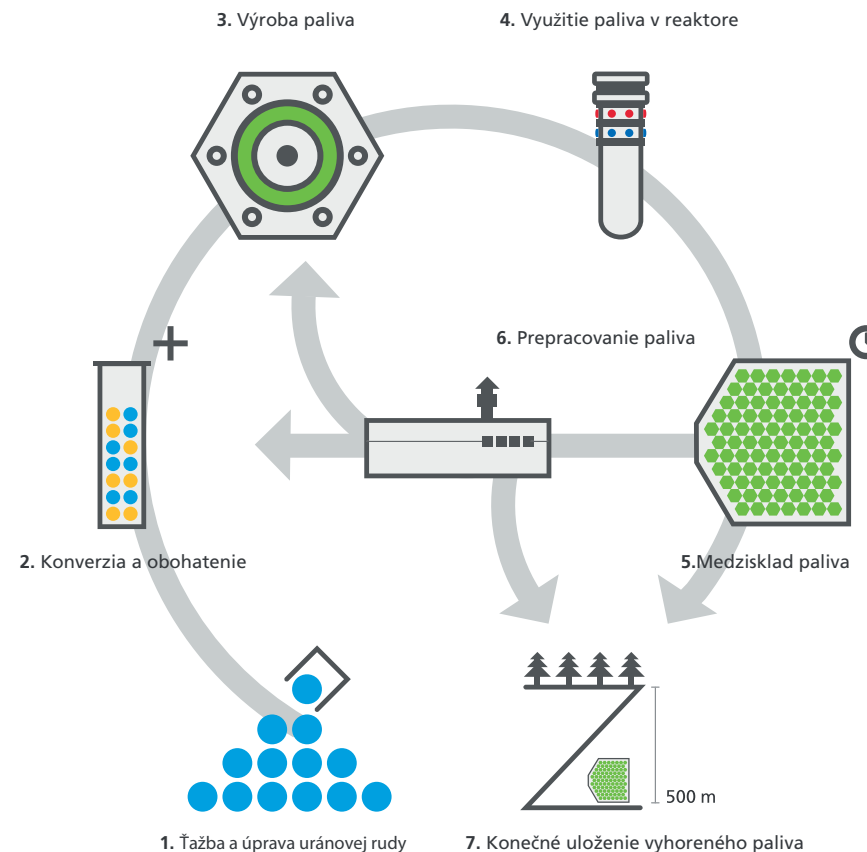
Uránová ruda sa ťaží v hlbinných alebo povrchových baniach. Obsah uránu v rude je 0,1 % až 3 %. Najviac uránovej rudy sa ťaží v Kanade, Austrálii a Kazachstane. Drvením a následnou chemickou úpravou (lúhovaním) sa získava tzv. žltý koláč, ktorý obsahuje viac ako 80 % uránu.

2. Konverzia a obohatenie

Zlúčeniny uránu obsiahnuté v žltom koláči sa konverziou menia na plynnú formu (hexafluorid uránu – UF_6), ktorá je vhodnejšia pre obohacovanie štiepateľným uránom 235. Urán, ktorý sa nachádza v prírodných zdrojoch, obsahuje najmä dva izotopy: U-238 a U-235. Hlavným štiepateľným izotopom je urán 235, ktorého je však v prírodnom uráne 238 len malé množstvo (priem. 0,7 %), a preto treba jeho podiel v jadrovom palive zvýšiť až na 4,95 %. Komerčne najrozšírenejším procesom obohacovania je použitie centrifúg.

3. Výroba paliva

UF_6 sa chemicky spracováva na prášok UO_2 (oxid uraničitý). Ten sa lisuje a speká pri vysokej teplote (1 400 °C) do formy keramických tabliet, ktoré sú hermeticky zapuzdrené do rúrok zo zirkónovej ocele. 126 rúrok tvorí palivovú kazetu. Na prevádzku jedného reaktora VVER-440 je ročne potrebných 7 – 9 ton uránového paliva. Čerstvé jadrové palivo nepredstavuje významné riziko, pretože je len veľmi slabým zdrojom žiarenia a aktivuje sa až v reaktore.



4. Využitie paliva v reaktore

Tepelná energia uvoľnená pri štiepení uránu v reaktore sa odvádza chladiacim médiom (vodou) a následne sa mení v turbogenerátore na elektrinu. Palivo v reaktore musí byť vždy zaliate vodou, inak by sa mohlo prehriať a pri teplotách nad 1 500 °C sa začína taviť pokrytie paliva, pri teplotách nad 2 500 °C už aj samotné palivo. Časť U-238 v palive sa mení v reaktore na plutónium. Hlavný izotop plutónia je taktiež štiepateľný a prispieva asi jednou tretinou k celkovej energii uvoľnenej v reaktore.

5. Medzisklad paliva

Po 5 – 6 rokoch prevádzky v reaktore sa palivo presunie do bazénu vyhořeného paliva, ktorý je hneď vedľa reaktora. Tu sa vo vode dochladzuje a znižuje sa jeho aktivita. Voda je vynikajúcim tieniacim žiarenia a zároveň absorbuje zvyškové teplo, ktoré vyhořené palivo produkuje. Po 5 rokoch dochladzovania sa môže vyhořené palivo previezť do medziskladu v Bohuniciach, kde sa skladuje v bazénoch s vodou. S výstavbou medziskladu suchého typu (skladovanie v špeciálnych kontajneroch chladených len prirodzenou cirkuláciou vzduchu) sa počíta aj v AE Mochovce, čím sa v budúcnosti zminimalizuje preprava vyhořeného paliva.

6. Prepracovanie paliva

Vyhořené palivo obsahuje asi 95 % uránu, 1 % plutónia a 4 % vysokoradioaktívnych štiepných produktov, ktoré vznikli v reaktore. Palivo je možné recyklovať v prepracovateľských závodoch, kde sa separuje na tri zložky: urán, plutónium a odpad. Urán a plutónium sa použijú do nového paliva obsahujúceho zmes štiepateľných izotopov U a Pu (palivo MOX). Proces prepracovania je však veľmi finančne i energeticky náročný, preto je na svete len niekoľko prepracovateľských závodov. Vyhořené palivo zo slovenských JE sa zatiaľ neprepracováva, ale len dočasne skladuje v medzisklade.

7. Konečné uloženie vyhořeného paliva

V súčasnosti nie sú k dispozícii žiadne konečné hlbinné úložiská vyhořeného paliva. Hoci sa vykonávajú štúdie na určenie optimálneho prístupu ku konečnému ukladaniu vyhořeného paliva, túto problematiku nie je potrebné riešiť urgentne, pretože celkový objem vyhořeného paliva je pomerne malý a bez problémov sa dá skladovať v medziskladoch. Okrem toho sa skúmajú aj ďalšie možnosti využitia vyhořeného paliva pomocou nových technológií. Na Slovensku prebieha geologický prieskum lokalít vhodných na konečné uloženie. Predpokladá sa, že finálne úložisko by mohlo byť k dispozícii okolo roku 2030.

Bezpečnosť 3. a 4. bloku V2

Projekt 3. a 4. bloku AE Bohunice V2 (typ VVER 440 V – 213) zahŕňal množstvo projektových vylepšení v porovnaní so starším projektom 1. a 2. bloku V1 (typ VVER 440 V – 230), z ktorých najdôležitejším bol nový kontajntment so systémom znižovania tlaku.

Medzinárodné hodnotenia (MAAE, WANO) potvrdili vysokú bezpečnosť reaktorov na Slovensku.

Technológia VVER je založená na robustnom projekte, relatívne nízkom výkone blokov, ako aj na veľkých objemoch vody v chladiacich okruhoch. Preto je elektráreň veľmi účinná pri prevencii nehôd a má prirodzene vysokú úroveň jadrovej bezpečnosti.

Bezpečnostné systémy sú trojnásobne zálohované, čo znamená, že každý systém sa skladá z troch identických, nezávislých a fyzicky oddelených systémov, pričom každý z nich dokáže zabezpečiť požadovanú bezpečnostnú funkciu samostatne.

Elektráreň má vlastný plnorozsahový simulátor schopný reprodukovat výkon a správanie zariadenia, na ktorom sa školia operátori blokovej dozorne.

3 x 100 %
bezpečnostné systémy



Program modernizácie a zvyšovania výkonu

Neustále rastúce medzinárodné bezpečnostné požiadavky na prevádzku atómových elektrární vyvolali potrebu modernizácie blokov. Cieľom programu modernizácie a zvyšovania bezpečnosti JE V2 bolo zabezpečiť, aby prevádzka blokov bola bezpečná, spoľahlivá a ekonomická.

Modernizácia, ktorá sa zrealizovala v rokoch 2002 – 2008 počas plánovaných odstávok blokov podľa odporúčaní MAAE, splnila svoj cieľ – pôvodné požiadavky boli nielen splnené, ale vo viacerých oblastiach aj prekročené. Navyše, od roku 2009 do roku 2013 prebehla realizácia opatrení na zvládnutie tzv. „ťažkých havárií“ (nadprojektové nehody s tavením paliva v reaktore).

Kvôli predčasnému odstaveniu dvoch blokov V1 AE Bohunice bolo potrebné hľadať možnosti rýchlej náhrady stratenej výrobnnej kapacity. Na základe najlepších medzinárodných skúseností SE mohli začať zvyšovať výkon všetkých prevádzkovaných jadrových blokov, ako aj hodnotiť možnosti dlhodobej prevádzky (Long Term Operation – LTO). Program LTO vychádza z pozitívnych výsledkov programov riadenia starnutia hlavných komponentov. Doterajšie výsledky vytvárajú reálne predpoklady bezpečne a spoľahlivo prevádzkovať elektráreň V2 po dobu 60 rokov.

V roku 2010 bol zvýšený nominálny výkon reaktorov 3. a 4. bloku AE Bohunice V2 o 7 % (z 1 375 MWt na 1 471 MWt), čo spolu s úpravami na sekundárnej časti elektrárne znamenalo zvýšenie elektrického výkonu každého bloku až na 505 MWe (z pôvodných 440 MWe). Je to nárast, ktorý pokryje približne 10 % spotreby domácností SR.

V roku 2010 bol zvýšený

výkon o 7 %

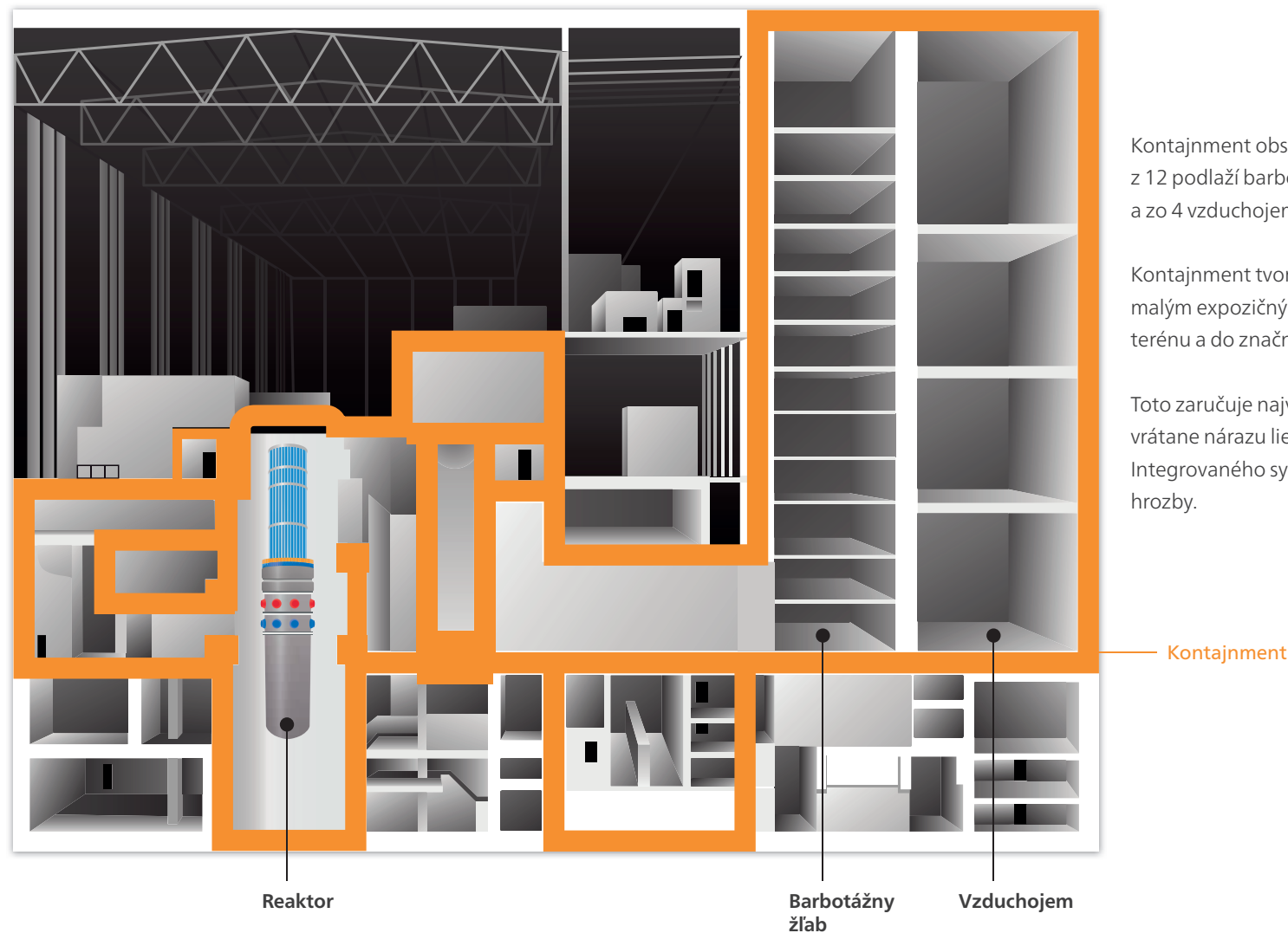
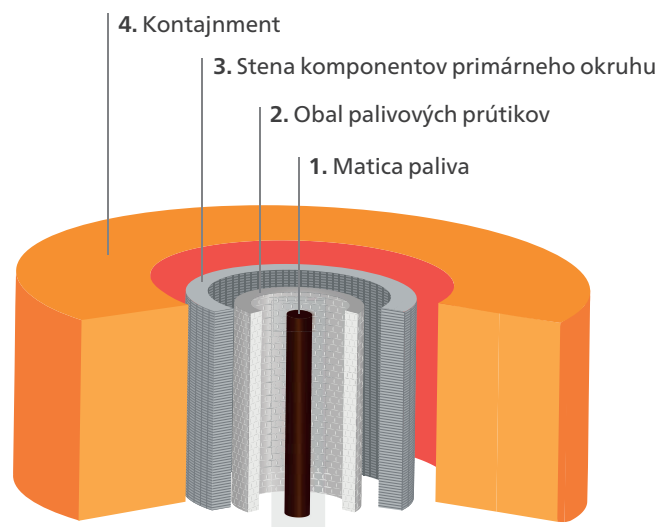
Kontajnement

Oba bloky V2 sú vybavené systémom ochrany železobetónovej obálky jadrovej časti (kontajnementom), ktorý je schopný plne minimalizovať rozsah radiačných následkov nehody na okolie.

Schopnosť kontajnementu zvládnuť nehody preukázali rozsiahle štúdie a skúšky, ktoré boli zrealizované na európskej úrovni.

Tento typ kontajnementu funguje na princípe kondenzácie pár uvoľnených z primárneho okruhu v prípade roztrhnutia potrubia, čím sa znižuje tlak v kontajmente.

Kontajnement je jednou zo 4 bariér zabraňujúcich úniku rádioaktívnych látok do okolia.



Kontajnement obsahuje vákuovo-barbotážny systém, ktorý sa skladá z 12 podlaží barbotážnych žľabov, v ktorých kondenzuje para a zo 4 vzduchojemov na zachytávanie plynov.

Kontajnement tvorí železobetónová stena s hrúbkou až 1,5 m s veľmi malým expozičným povrchom. Je priaznivo osadený do okolitého terénu a do značnej miery je obklopený inými budovami.

Toto zaručuje najvyššiu úroveň ochrany proti externým rizikám vrátane nárazu lietadla. Okrem toho je Slovenská republika súčasťou Integrovaného systému vzdušnej ochrany NATO, ktorý pokrýva letecké hrozby.

Steny kontajnementu sú
1,5 m hrubé

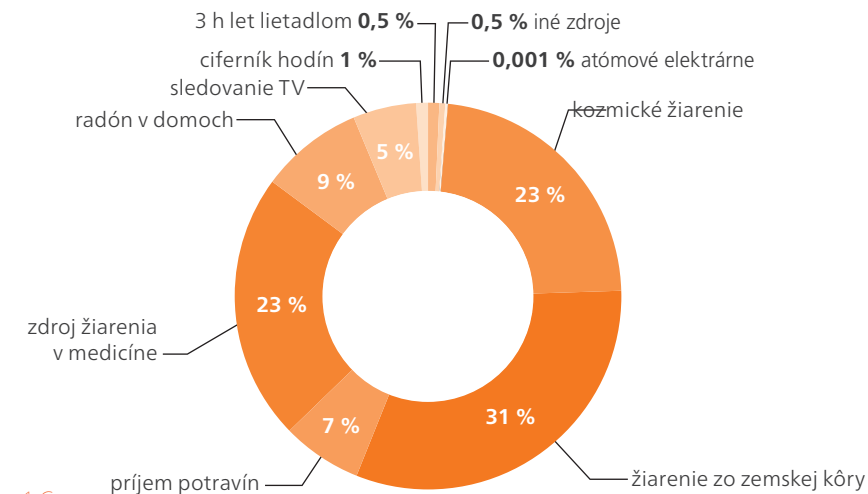
Radiačná ochrana

Na ochranu personálu elektrárne a obyvateľstva sa uplatňuje princíp ALARA (As Low As Reasonably Achievable), ktorý zabezpečuje, aby radiačná expozícia v elektrárni i mimo nej bola taká nízka, ako sa dá rozumne dosiahnuť a oveľa nižšia, ako sú legislatívne stanovené limity.

Vplyv prevádzky JE na životné prostredie a zdravie je zanedbateľný v porovnaní s ostatnými zdrojmi žiarenia, ktoré sú prítomné v každodennom živote.

V okruhu 20 km od elektrárne je rozmiestnených 24 monitorovacích staničiek teledozimetrického systému, ktorý nepretržite sleduje dávkový príkon gama žiarenia, objemovú aktivitu aerosólov a rádioaktívneho jódu vo vzduchu, pôde, vode a potravinovom reťazci (krmoviny, mlieko, poľnohospodárske produkty). Množstvo rádioaktívnych látok obsiahnutých v kvapalných a plyných výpustoch je hlboko pod limitmi stanovenými dozornými orgánmi.

Celková radiačná záťaž človeka



Podiel AE na celkovej radiačnej záťaži človeka
0,001 %

Jeden blok ročne ušetrí
4 mil. t
emisí CO₂

Životné prostredie

Jadrové elektrárne sú ohľaduplné k životnému prostrediu a výrazne prispievajú k plneniu záväzkov na znížovanie emisií škodlivých skleníkových plynov do atmosféry.

Ochrana životného prostredia sa týka všetkých oblastí života a jej úroveň priamo alebo nepriamo ovplyvňuje jeho kvalitu. Prioritou ochrany životného prostredia v jadrových elektrárňach je oblasť vôd, odpadov, ovzdušia a závažných priemyselných nehôd. K minimalizácii vplyvov na životné prostredie prispieva aj zavedený systém environmentálneho manažérstva, ktorý je súčasťou Integrovaného systému manažérstva.

Pri prevádzke JE vzniká malé množstvo rádioaktívneho odpadu. Jeden blok ročne vyprodukuje asi 17 m³ kvapalných a 15 ton pevných nízkorádioaktívnych odpadov a približne 8 ton vyhoreného paliva. Kvapalné a pevné rádioaktívne odpady sa spracovávajú v Bohunickom spracovateľskom centre. Spracované odpady vo vláknotbetónových kontajneroch sa potom ukládajú na Republikovom úložisku rádioaktívnych odpadov v Mochovciach.

Voda potrebná na chladenie sa čerpá z neďalekej vodnej nádrže Sĺňava na rieke Váh.

Záťažové testy

Bezprostredne po havárii vo Fukušime sa európski politici, zástupcovia jadrového priemyslu a dozorné orgány dohodli na realizovaní bezpečnostných previerok elektrární. Zapojilo sa do nich všetkých 15 členských štátov EÚ, ktoré prevádzkujú jadrové elektrárne. Testovanie, do ktorého spadali aj 2 bloky AE Bohunice V2 a všetky 4 bloky AE Mochovce, sa realizovalo prevažne formou inžinierskych analýz, výpočtov a posudkov.

Počas záťažových testov boli analyzované mimoriadne externé udalosti, ako sú zemetrasenia, povodne a následky ďalších iniciačných udalostí potenciálne vedúcich k viacnásobnej strate bezpečnostných funkcií elektrárne. Posudzovali sa taktiež kombinácie udalostí vrátane výpadku elektrického napájania, dlhodobého prerušenia prívodu vody, ale i straty elektrického napájania v dôsledku extrémnych klimatických podmienok.

Záťažovými testami neboli zistené nedostatky, ktoré by si vyžadovali neodkladné opatrenia, nebola spochybnená ďalšia bezpečná prevádzka pracujúcich blokov. Navrhované opatrenia vedú k ďalšiemu zvýšeniu súčasnej úrovne jadrovej bezpečnosti, napr. mobilný dieselgenerátor na dobíjanie batérií.



Viac ako **55** rokov
skúseností v jadrovej
energetike

Približne **5 000**
pracovných miest
na Slovensku

Benefits pre región

Jadrové elektrárne sú pilierom slovenskej energetiky, pričom dodávajú do siete viac ako polovicu elektriny a prispievajú k medzinárodným záväzkom Slovenska znižovať emisie skleníkových plynov.

AE Bohunice vyrába a dodáva od roku 1988 ekologické teplo. Tepelnými napájačmi ročne dodá približne 2 000 TJ tepla do miest Trnava, Hlohovec, Leopoldov a obce Jaslovské Bohunice.

Kvôli lepšej a transparentnej komunikácii s verejnosťou

boli vytvorené v regiónoch AE Mochovce i AE Bohunice záujmové regionálne združenia obcí, ktoré nominujú členov do Občianskych informačných komisií. Tieto sú v bezprostrednom kontakte s manažmentom elektrární. Pre širokú verejnosť sú v oboch lokalitách k dispozícii Informačné centrá.

Prostredníctvom programu ENERGIA PRE KRAJINU podporujeme projekty v sociálnej oblasti a v oblastiach vzdelávania, športu a prírody (www.energiaprekrajinu.sk).

Základné údaje

3. a 4. blok	
Typ reaktora	tlakovodný reaktor VVER 440/V-213
Tepelný výkon reaktora	1 375 MWt*/1471 MWt**
Hrubý elektrický výkon	440 MWe*/506 MWe**
Primárny okruh	6 slučiek
Pracovný tlak/teplota	12,26 MPa/268 – 298 °C
Tlaková nádoba reaktora (v/ø)	11 800 mm/3 840 mm
Sekundárny okruh	
Parogenerátor (6 na blok)	PGV - 213
Množstvo vyrobenej pary/1 PG	483t/h
Tlak a teplota pary na výstupe z PG	4,83 MPa/261,8 °C
Turbogenerátor (2 na blok)	253 MWe
Menovitý výkon generátora	273 MVA
Napätie na svorkách	15,75 kV
Menovitý prúd	3x 10 007 A
Terciárny okruh	
Max. teplota chladiacej vody	33 °C
Výška chladiacich veží (4 pre 2 bloky)	120 m

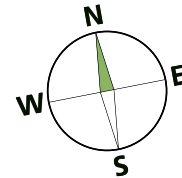
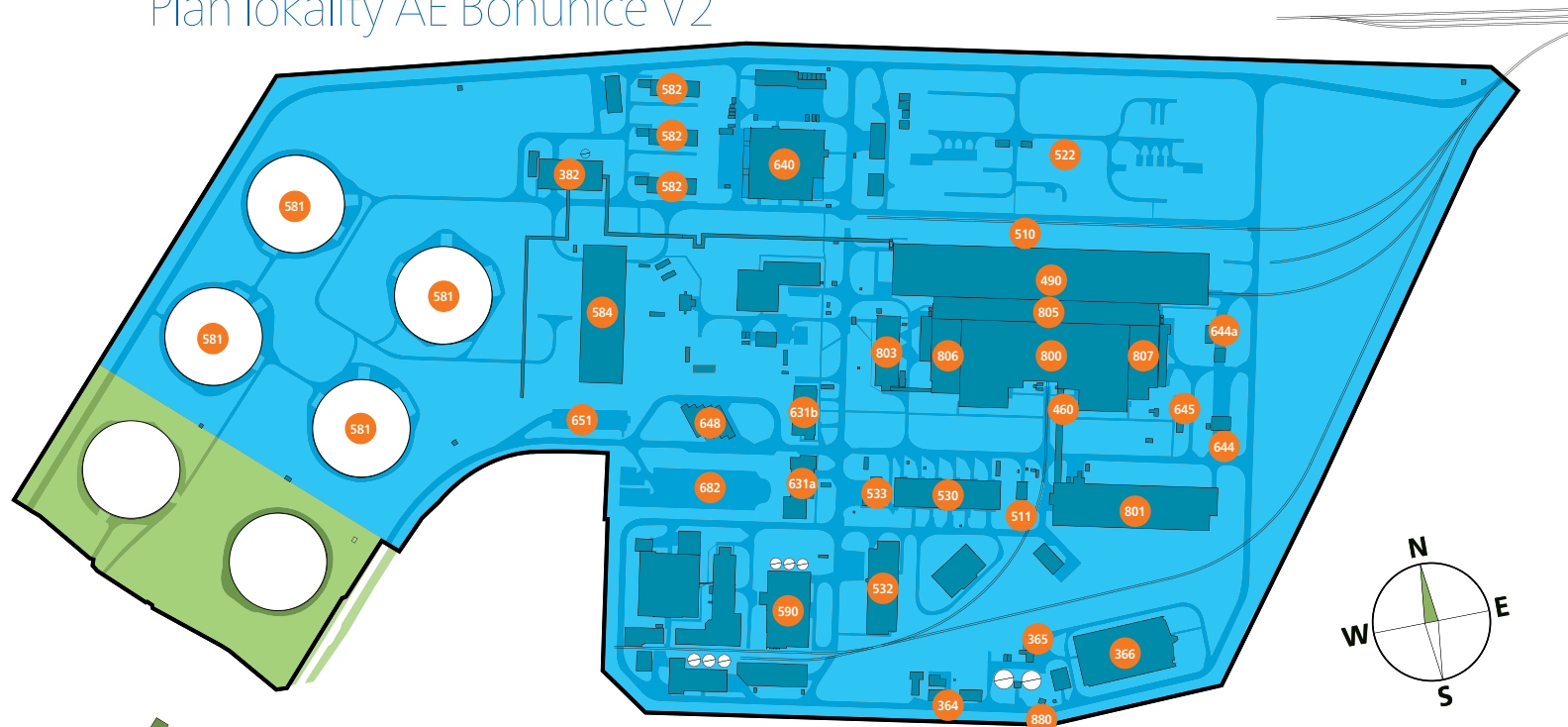
* pôvodný výkon ** po zvýšení výkonu



Chronológia AE Bohunice

	A1	V1	V2
Začiatok výstavby	1958	1972	1976
Začiatok prevádzky	1972	1978/1980	1984/1985
Ukončenie prevádzky	1977	2006/2008	—
Modernizácia	—	1992 – 2000	2002 – 2008
Zvyšovanie výkonu	—	—	2009 – 2013

Plán lokality AE Bohunice V2



364 Čistiaca stanica splaškových vôd
365 Prečerpávacia stanica priemyselnej vody z hlavného výrobného bloku
366 Poistné nádrže
382 Výmenníková stanica pre centrálny zdroj tepla
460 Ventilačný komín
490 Strojovňa turbogenerátorov
510 Stanovište vonkajších transformátorov
511 Transformátorová stanica
522 Vonkajšie rozvodne 110, 220 a 400 kV
530 Dieselgenerátorová stanica
532 Kompresorová stanica
533 VT kompresorová stanica
581 Chladiace veže
582 Ventilátorové chladiace veže
584 Centrálna čerpacia stanica
590 Budova riadiaceho centra

631a Administratívna budova
631b Jedáleň
640 Dielne údržby
644 Sklad vodíka
644a Sklad kyslíka
645 Sklad dusíka
648 Nastupištia autobusov
651–682 Parkoviisko
721 Investorská budova
800 Budova reaktorov
801 Budova pomocných prevádzok
803 Prevádzková budova
805 Pozdĺžna etažérka
806 Priečna etažérka 3. bloku
807 Priečna etažérka 4. bloku
880 Objekty merania odpadových vôd

- ¹⁾ Zahŕňa všetky štáty, v ktorých má Skupinu inštalovaný výkon minimálne 1 MW, alebo v ktorých vykonáva obchodné aktivity. Zahŕňa aj štáty, kde má Skupina Enel obchodné vzťahy, prebiehajúce projekty alebo zastupiteľskú kanceláriu.
- ²⁾ Údaje k 31. 12. 2012.
- ³⁾ Kumulatívny investičný plán v období rokov 2013-17, z čoho je 10,7 miliárd do vývoja. Celkový CAPEX neobsahuje prepožičovacie poplatky.
- ⁴⁾ Inštalovaný výkon, hrubá výroba a čisté dodávky elektrickej energie vrátane VE Gabčíkovo (VEG). VEG vlastní Vodohospodárska výstavba, š.p. a prevádzkujú Slovenské elektrárne, a.s.
- ⁵⁾ Medzinárodná stupnica hodnotenia jadrových udalostí.

Vydali:

Slovenské elektrárne
člen skupiny Enel

Infocentrum

919 31 Jaslovské Bohunice
© 2013

tel.: +421-33-5972331

fax: +421-33-5591527

e-mail: infoebo@enel.com

www.seas.sk, www.enel.com



www.seas.sk