



PÖYRY ERŐTERV

ENERGETIKAI TERVEZŐ ÉS VÁLLALKOZÓ ZRT.

1450 Budapest, Pf. 111.

Tel.: (361) 455-3600

www.poyry.hu

1094 Budapest, Angyal u. 1-3.

Fax.: (361) 218-5585

eroterv@poyry.com

MAGYAR VILLAMOS MŰVEK ZRT.

ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK LÉTESÍTÉSE

**A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési
munkaerőigény felmérése**

Tanulmány

1/2. kötet

AZONOSÍTÓ KÓD:

570203A00023ERAB

6F111113/0001/B

DÁTUM: 2012.01.20.

MUNKASZÁM: 6F111113



Nyilvántartási szám:

MS 0624-061

MS 0624/K-061

Új atomerőművi blokkok létesítése
A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

A TANULMÁNYT ÖSSZEÁLLÍTOTTA

Témafelelős

HR munkatárs

Tervező

Minőségellenőr

2012.01.20.

Új atomerőművi blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

A TANULMÁNY ELKÉSZÍTÉSÉBEN KÖZREMŰKÖDTEK

MÓDOSÍTÁSOK ÁTTEKINTÉSE

Első kiadás dátuma: 2011. november 28.

Módosítás jele	Módosult fejezet	Dátum	Kiveendő oldalak	Befűzendő oldalak
A	Minden fejezet	2011.12.19.	Minden oldal	Minden oldal
B	Minden fejezet	2012.01.20.	Minden oldal	Minden oldal

TARTALOMJEGYZÉK

1. Vezetői összefoglaló	5
2. Bevezetés	10
2.1. Célkitűzés	10
2.2. Megközelítés, módszertan	10
2.2.1 Dokumentumelemzés	10
2.2.2 Konzultáció	11
2.2.3 Szakértő bevonása	14
2.3. A tanulmány felépítése	15
3. Vonatkozó jogszabályok bemutatása	16
4. A számításba vett blokk típusok jellemző adatainak ismertetése	25
4.1. A számításba vett blokk típusok alapadatai	25
4.1.1 AP1000 – Westinghouse Advanced Passive PWR	25
4.1.2 AES-2006 (MIR-1200)	29
4.1.3 ATMEA1	34
4.1.4 EPR – Evolutionary Pressurized Water Reactor	38
4.1.5 APR1400 – Advanced Pressurized Reactor	42
4.2. A számításba vett blokk típusok nemzetközi referenciáinak bemutatása	48
4.2.1 AP1000 (Westinghouse)	48
4.2.2 AES-2006 (MIR-1200) (Atomstroyexport)	49
4.2.3 ATMEA1 (AREVA-Mitsubishi)	50
4.2.4 EPR (AREVA)	50
4.2.5 APR1400 (Korean Hydro and Nuclear Power)	51
4.3. A számításba vett blokk típusok építésére jellemző adatok ismertetése	52
4.3.1 Az építendő létesítmények területfoglalása	52
4.3.2 Az építési munkák időtartama	52
5. Az építés-szerelés, üzembe helyezés és üzemeltetés munkaerőigénye	53
5.1. Építés-szerelés	53
5.1.1 A telephely előkészítése	53
5.1.2 Az új blokkok építési folyamata	53
5.1.3 Építési, szerelési munkák	53
5.2. Üzembe helyezés	54
5.3. Üzemeltetés	55
5.3.1 Az üzemeltetéshez szükséges létszám	56
5.3.2 Az üzemeltetéshez szükséges tevékenységi körök meghatározásai	58
5.3.3 Az üzemeltetéshez szükséges tevékenységi körök képzési követelményei	65
6. A számításba vett blokk típusok építési, üzembe helyezési és üzemeltetési munkaerőigénye	72
6.1. A megismert munkaerőigény adatok bemutatása	73
6.1.1 AP1000 (Westinghouse)	73

6.1.2	AES-2006 (MIR-1200).....	80
6.1.3	ATMEA1 (AREVA-Mitsubishi).....	83
6.1.4	EPR (AREVA)	85
6.1.5	APRI400 (Korean Hydro and Nuclear Power)	87
6.2.	A bemutatott adatok bizonytalansága	91
7.	Folyamatban lévő és tervezett atomerőmű beruházások munkaerő igénye, tapasztalatok Európában	92
7.1.	Olkiluoto 3 (Finnország)	92
7.1.1	Előzmények	92
7.1.2	Esettanulmány a NAÜ megfogalmazásában [38].....	92
7.1.3	Következtetés.....	94
7.1.4	Tanulságokból született megállapítások és ajánlások a STUK megfogalmazásában	95
7.2.	Flamanville 3 (Franciaország)	98
7.2.1	Előzmények	98
7.2.2	Tapasztalatok.....	99
7.2.3	Munkaerőigény-adatok a létesítés különböző szakaszaiban.....	101
7.2.4	Hazai és külföldi munkaerő-megosztás lehetőségei	111
7.2.5	Elszállásolás.....	111
7.2.6	A tervezett létesítési menetrend.....	111
7.3.	Novovoronyezs NPP-II (Oroszország)	113
7.3.1	Moszkvai konzultáció.....	114
7.3.2	Novovoronyezsi konzultáció	115
7.4.	Egyesült Királyság (Edf-AREVA).....	127
7.4.1	Korábbi nukleáris projektek releváns tapasztalatai – különös tekintettel a humán erőforrásra.....	128
7.4.2	Next Generation (A következő generáció) c. jelentés összefoglalása	134
7.4.3	Hinkley Point C projekt.....	156
7.5.	Örményország - esettanulmány	168
7.5.1	WWER-1000 megvalósítási opció	168
7.5.2	AP-1000 megvalósítási opció.....	170
7.5.3	Következtetések.....	172
8.	A jelenleg üzemelő paksi blokkok építésének releváns tapasztalatai.....	175
8.1.	Visszatekintés a jelenlegi paksi blokkok létesítéseinek körülményeire	175
8.2.	Az oktatás fontossága	176
8.3.	A határidő problematikája.....	177
8.4.	A motiváció kérdése	178
8.5.	Az organizáció és az együttműködés nehézségei	179
8.6.	A megoldás lépései.....	179
8.7.	Profitálás a nehézségekből	181
8.8.	A humán erőforrás gazdálkodás jellegzetességei az atomerőműben.....	182
8.9.	A Paksi Atomerőmű üzemeltetői létszám adatai.....	182
9.	A magyar munkaügyi, munkavédelmi és egészségügyi jogszabályok, azok változásának hatása a nemzetközi munkaerőigény adatokra	185

9.1. A külföldiek magyarországi munkavégzése	185
9.1.1 Az engedélymentesség	185
9.1.2 Magyarországi munkavégzés munkavállalási engedéllyel	186
9.1.3 Az EU Kék Kártya.....	187
9.2. A tanulmányi szerződés.....	187
9.2.1 A felek tanulmányi szerződéssel kapcsolatos fő kötelezettségei.....	188
9.2.2 A szerződésszegés és jogkövetkezményei, a szerződés felmondása	188
9.3. A munkaszerződés, a munkaviszony-létesítés egyes meghatározó kérdései.....	189
9.3.1 Eltérési lehetőség munka- illetve kollektív szerződésben a munkaviszonyra vonatkozó szabályoktól	189
9.3.2 A munkaszerződés alaki és tartalmi kérdései	189
9.3.3 A határozott idejű munkaviszony	190
9.3.4 Elállás a munkaszerződéstől	191
9.3.5 A próbaidő	191
9.4. A 2003/88/EK irányelv a munkaidő-szervezés egyes szempontjairól	191
9.4.1 Egyes pihenőidők, a munkaidő, az éves szabadság, a referencia időszak	192
9.4.2 Eltérési lehetőségek	192
9.5. A munka- és pihenőidő.....	193
9.5.1 A munkaidő	193
9.5.2 A napi- és beosztás szerinti munkaidő.....	193
9.5.3 Az éjszakai munka.....	193
9.5.4 A munkáltató tevékenysége.....	193
9.5.5 A munkaidő-keret	194
9.5.6 A munkaidő-beosztás szabályai.....	194
9.5.7 A napi pihenőidő	195
9.5.8 A heti pihenőnap.....	195
9.5.9 A heti pihenőidő	195
9.5.10 A rendkívüli munkaidő.....	196
9.6. Az építkezéssel összefüggő munkavédelmi rendelkezések	196
9.6.1 Az építéstudományra vonatkozó fontosabb jogszabályok.....	196
9.6.2 A munkahely létesítése	197
9.6.3 Munkabiztonsági szakember bevonása.....	198
9.6.4 Biztonsági és egészségvédelmi koordinátor	198
9.6.5 Foglalkozás-egészségügyi szolgálat	198
9.6.6 Összehangolás, felelősség	199
9.6.7 A kémiai biztonságról szóló 2000. évi XXV. törvény.....	199
9.6.8 Munkabaleset bejelentése	200
9.6.9 Állami felügyelet: a munkaügyi és a munkavédelmi ellenőrzés	200
9.7. Összegzés.....	202
10. Helyzetértékelés	204
11. Következtetések, javaslatok az új paksi atomerőmű blokkok munkaerő igényének tervezéséhez.....	207
11.1. Tanulságok.....	207

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

11.2. Javaslatok az új paksi atomerőmű blokkok munkaerő igényének tervezéséhez és szervezéséhez	211
Felhasznált irodalom	215
Ábrák jegyzéke	218
Táblázatok jegyzéke	219
Mellékletek.....	220

1. Vezetői összefoglaló

A hazai energiahelyzet, továbbá a hazai villamosenergia-termelő kapacitások újraépítési kényszere indokoltta és időszzerűvé teszi új atomerőműi blokkok létesítését. A nukleáris energia felhasználása, a nukleáris villamosenergia-termelés „szénmentes” és környezetkímélő technológia. Világszerte felismerték, hogy az energiatakarékosság, továbbá a megújuló energiaforrások fokozott ütemű bevonása mellett csak az atomenergia felhasználása teszi lehetővé, hogy a gazdasági fejlődés fenntartható maradjon. Ezért a nukleáris energia felhasználása reális, olcsó és hosszú távú megoldást jelent a fenntartható fejlődés feltételeinek biztosítására, a klímavédelmi célok elérésére hazánkban.

2011 októberében az Magyar Országgyűlés elfogadta a Nemzeti Energiastratégiát, amely a hazai energiaellátás hosszú távú fenntarthatóságát, biztonságát és gazdasági versenyképességét biztosítja. A Nemzeti Energiastratégia alapvető célkitűzése Magyarország energiafüggetlenségének erősítése, az ehhez vezető út egyik sarokpontja az atomenergia, amelyre a közúti és vasúti közlekedés villamosítása épülhet. Fellegi Tamás, akkori nemzeti fejlesztési miniszter 2011 novemberében a Paksi Atomerőmű által elvégzett Célzott Biztonsági Felülvizsgálat eredményei kapcsán bejelentette, hogy a szakminisztérium új atomerőműi blokk(ok) létesítésére tesz javaslatot a kormánynak, amely az energiaellátás fenntarthatóságát, biztonságát, az üzembiztonságot, a megfizethető energiát, a klímavédelmi és finanszírozhatósági szempontokat mérlegeli majd. A nemzetközi tender kiírása támogató döntés esetén 2012 évben várható.

Az atomerőmű építéséhez szükséges magasan képzett és értékes építő-szerelő munkások toborzása, alkalmazása előreláthatólag jelentős kihívást fog okozni Magyarországnak. A nagy létszámigény miatt komoly feladatot jelent a létesítésben részt vevő szakemberek és szakmunkások korlátozott rendelkezésre állása, oktatása is, különösen bizonyos szakmákban. Például a speciális acélok hegesztésében járatos szakemberek, gépszerelők, csőszerelők, villamossági szerelők, géplakatosok, acélszerkezet-gyártók várhatóan nem találhatók elegendő mennyiségben a helyi munkaerő piacon. Nem lesz egyszerű az igen nagy mennyiségű beton bedolgozása miatt a megfelelő számú beton- és vasbetonkészítő, zsaluzó szakmunkások rendelkezésre állása sem. Az ország más területéről, esetleg külföldről érkező munkaerő alkalmazása elengedhetetlen lesz ezekben a szakmákban.

Számos intézkedésre lehet szükség a kockázat enyhítésére annak érdekében, hogy az erőműbővítéshez szükséges magasan képzett, megfelelő mennyiségű munkaerő a létesítési ütemterv szerinti megfelelő időszakban rendelkezésre álljon.

Mivel az atomerőmű építések hosszú időre leálltak Európában, a releváns atomerőműi létesítési tapasztalatokkal rendelkező szakember gárda vagy már visszavonult vagy hamarosan eléri a nyugdíjkorhatárt, a meglévő tapasztalatok és tudás átadása, valamint a hiányzó szakemberek pótlása kulcsfontosságúvá vált.

Mindezek hosszú távú tervezést és alapos felkészülést igényelnek az egyes országok részéről.

Az államok eltérő adottságai és prioritásai (pl.: a helyi, illetve külföldi munkaerő alkalmazásának mértéke) döntően befolyásolják a problémák kezelésére adott válaszokat. Összességében a tapasztalatok azt mutatják, hogy az atomerőművek építése során jelentős költségnövekedést és időbeli csúszást eredményez, ha nem megfelelő és/vagy nem időben történik a döntés. Egyetlen szempont, amely minden döntés esetén prioritást kap a biztonságtechnikai és minőségi követelmények maximális kielégítése.

Mivel az 1973 és 1987 között épült régi paksi blokkok létesítése eltérő politikai, gazdasági és társadalmi környezetben, erősen centralizált gazdaságirányítási rendszer keretei között valósult meg, illetve régebbi technológia alkalmazásán alapszik, ezért a projektirányítással, a szükséges szakképzett munkaerő mennyiségi és minőségi követelményeivel és annak biztosításának módjával, valamint az alvállalkozók foglalkoztatásával kapcsolatos tapasztalatok csak korlátozottan hasznosíthatók, ezért célszerű jobban fókuszálni az Európában jelenleg folyó építkezések tanulságaira.

A humán erőforrás szervezésekor lényeges szempontként kell figyelembe venni az új és az üzemelő blokkok humánerőforrás-menedzsmentjének összehangolását. Figyelembe kell venni, hogy az új atomerőmű létesítésében részt vevő szakemberek mellett a Paksi Atomerőmű szakemberigényét (ami a nyugdíjazások és a létesítésekhez átkerültek pótlása miatt szintén jelentős lehet) is maradéktalanul ki kell elégíteni. Gondoskodni kell a kapcsolódó szervezetek, intézmények, hatóságok megnövekedett feladatai miatt szükségessé váló új szakemberek oktatásáról, képzéséről is. [2]

A tanulmány elkészítésének célja az erőműbővítéshez szükséges humánerőforrás igény ismertetése abból a célból, hogy a létesítési ütemterv szerinti időszakra a megfelelő képzettségű, megfelelő gyakorlattal rendelkező munkaerő rendelkezésre álljon mind az építés-szerelés, mind az üzembe helyezés, mind az üzemeltetés időszakában.

Az elemzés elsődlegesen a publikusan elérhető nemzetközi és magyar forrásokra és az elemzést készítő PÖYRY ERŐTERV Zrt. villamosenergia-ipari és specifikusan erőmű építés és tervezési, mérnökszolgálati tapasztalataira támaszkodik, kiegészítve az európai nemzetközi konzultációkon és helyszíni látogatásokon nyert adatokkal és szerzett tapasztalatokkal.

A tanulmány bemutatja az összegyűjtött, egyéb erőműi beruházások vizsgálatánál felmerült tanulságokat és javaslatokat fogalmaz meg, az új paksi atomerőmű blokkok munkaerő-igényének tervezéséhez.

Ezek a javaslatok a következők:

1. Kockázat Nyilvántartás kidolgozása

Az új paksi blokkok létesítése a szükséges képzettségű szakemberek megfelelő időben történő rendelkezésre bocsátását igényli. Miután ennek a szakképzett munkaerőnek jelentős része jelenleg nem áll rendelkezésre, hanem időközben kell kiképezni, a nem megfelelő szakképzettségű dolgozók részvétele jelentős üzleti kockázatot jelent a program számára.

Javasoljuk a Next Generation c. jelentésben bemutatott példa alapján egy előzetes Kockázat Nyilvántartás létrehozását az egyes szakterületekre vonatkozóan, amely pillanatfelvételnként rögzítve az aktuális helyzetet, kiindulási pontot biztosíthat a további értékeléshez Magyarországon. A Kockázat Nyilvántartás nemcsak a szükséges készségek általános listáját határozza meg, hanem megkönnyíti a készség területek prioritás vizsgálatát is. Miután a program fejlődésével a kockázat változik, a Nyilvántartás rendszeres és szakszerű újraértékelést igényel.

2. Átjárhatóság tervezése szektorok között

A Kockázat nyilvántartás eredményei alapján javasoljuk az átjárhatóság felülvizsgálatát azokon a területeken, ahol kompatibilis és átadható szakértelem áll rendelkezésre olyan más iparágakban, amelyeknek esetleg felesleges kapacitásuk van a hiányszakmákban.

3. Munkaerő piaci kutatások

Javasoljuk, olyan munkaerő piaci kutatás végrehajtását, amely figyelembe veszi mindazokat a regionális, nemzeti és nemzetközi infrastrukturális, illetve nukleáris projekteket, amelyek hatással lehetnek a rendelkezésre álló szaktudásra.

A paksi létesítéssel egy időben, Európában más országban történő hasonló beruházás kapcsán a következő hatások várhatóak:

Előny: a valós tapasztalattal rendelkező jó minőségű humánerőforrás hiány csökken.

Hátrány: szakemberek elszívása lehetséges az európai projektek részéről

A magas munkáslétszám-igény miatt, valamint a tapasztalatok itteni hasznosíthatósága céljából célszerű olyan külföldi munkaerőket is alkalmazni a létesítésben, akik előtte már részt vettek pl. a finn atomerőmű létesítési munkálataiban (pl. Finnországból, Németországból, Lengyelországból, Szlovákiából).

4. Oktatás

A Kockázat Nyilvántartás alapján lépéseket kell tenni annak érdekében, hogy a kormányzat a hiányszakmák esetén a kapcsolódó középfokú szakképzésnek, a felsőoktatási alap- és mesterképzésnek, illetve doktori képzésnek, mint stratégiai területnek prioritást biztosítson. Emellett a munkáltatóknak is szerepet kell vállalniuk az oktatás finanszírozásában képzési programok kifejlesztése, képzések feltételeinek megteremtése, illetve ösztöndíjprogramok finanszírozása révén. Hiszen a létesítés ideje alatt foglalkoztatott munkavállalók többsége alvállalkozókon keresztül vesz részt az ellátási láncban. A beruházónak, illetve fő- és alvállalkozóknak meghatározó szerepet kell játszania a képzési programok képzési és kimeneti követelményeinek meghatározásában, illetve a képzési program ismeretköreinek kialakításában.

5. Fiatalok vonzása

2011-ben „Az atomenergetika megítélése Magyarországon a fiatalok körében” c. cikkben Horváth András, az ELTE TTK Fizikai Intézetének munkatársa felmérte 11. és 12. évfolyamos középiskolások és első éves főiskolások, illetve egyetemisták véleményét és tárgyi tudását az atomenergiával kapcsolatban. A kutatásból kiderült, hogy bár megfigyelhető némi javulás a korábbi felmérésekhez képest (1987, 1993, 2007), a fiatalok ismeretei és ebből következően az atomenergiához való hozzáállása jelentősen elmarad a kívánatostól. Mivel a tervezett paksi atomerőmű bővítés építésének és üzemeltetésének biztosításához szükséges munkaerő egy jelentős része, most kezdi meg a középiskolai tanulmányait, így a továbbtanulási kérdés esetükben pár éven belül aktuálissá válik. Ugyanakkor láthatóan a csökkentett számú természettudományi órák miatt az iskolák nem tudnak kellő mértékben szerepet vállalni a témával kapcsolatos ismeretek közvetítésében. [52]

Ezért javasoljuk az atomenergia népszerűsítésére és az atomenergia területén való továbbtanulás lehetőségeiről, az elérhető ösztöndíjas programokról tájékoztatást nyújtani az iskoláknak egy országos méretű projekt keretében. A tandíjat fedező ösztöndíj, és a bővítésből adódóan az átlagosnál biztosabbnak tűnő munkalehetőség vonzó lehet a fiatalok számára különösen, ha figyelembe vesszük a munkanélküliség növekvő arányát a pályakezdekők körében, illetve azt a kormányzati elképzelést, amely az államilag finanszírozott helyek számának csökkentését irányozza elő a felsőoktatásban.

6. Beszerezés

A helyi cégek hajlandósága és képessége a terjeszkedésre, valamint külső cégek letelepedése a térségben szintén számos tényezőtől függ, mint például a terület vonzerejétől a beruházásokkal kapcsolatban, illetve a rendelkezésre álló megfelelően képzett munkaerőtől és az infrastruktúrától. Ezek a tényezők közös erőfeszítéseket követelnek az összes érdekelt fél részvételével annak érdekében, hogy biztosítsák a megfelelő beruházási keretet.

Fontos feladat a helyi ellátási lánc lehetőségeinek fejlesztése, a hazai kis- és középvállalkozások minél szélesebb körű bevonása a paksi bővítés kapcsán. A beruházónak erőfeszítéseket kell tennie annak érdekében, hogy lehetővé tegye a helyi cégek számára a kapcsolat kiépítését a fővállalkozókkal, a fővállalkozókat pedig ösztönözze, hogy ahol lehetséges, a helyi beszállítókat, mint alvállalkozókat vegyék igénybe. Ennek eszközei lehetnek:

- Helyi beszerzési iroda létrehozása az üzleti szférával való kapcsolat elősegítésére.
- Naprakész nyilvántartás vezetése a megfelelő helyi cégekről és azok képességeiről.
- Internetes honlap létrehozása a pályázati lehetőségekről, amely a vállalkozások ellátási láncba való belépését segíti és az üzleti hálózatok kialakulását támogatja.
- Szerződési csomagok biztosítása, amelyek alkalmasak helyi cégek számára az ajánlat tételhez.

- Együttműködések, partnerségek fejlesztése a fő vállalkozók és a helyi cégek csoportjai között.

7. Képzés és toborzás

A nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy a helyi munkaerő képzésének és toborzásának előnye, hogy a munkavállalók már részei a helyi közösségnek, így a szükséges ideiglenes szálláshelyek száma és a közúti közlekedés forgalma is csökkenhet. Nem beszélve arról, hogy a munkavállalók többsége speciális szaktudással fog rendelkezni a képzéseket követően, amelyek magasabb színvonalú foglalkoztatást biztosítanak számukra a jövőben, esetleg a későbbi nemzetközi nukleáris építkezéseken. Ezt támogathatja:

- Munkaerő közvetítési rendszer működtetése toborzási weboldal létrehozásával, amely a foglalkoztatási lehetőségek részleteit, valamint a pályázás és az általános regisztráció lehetőségeit tartalmazza.
- Helyi munkaügyi központ létrehozása, amely tájékoztatást nyújt a foglalkozási lehetőségek részleteiről a helyi lakosság számára.
- A beruházó által támasztott elvárás, miszerint a vállalkozók részesítsék előnyben a helyi munkaerő-felvételét.
- A beruházás során olyan humánerőforrás menedzsment informatikai rendszer alkalmazása, amely támogatja a projekt humánerőforrás gazdálkodását, tartalmazza a feladatkörök ellátásához szükséges adatokat.

Ezek a lépések fontosak a létesítés ütemtervének és projekt-költségének kézbentartásához szükséges magas produktivitás fenntartásáért. A múltban tapasztalható volt egyes beruházások esetében, hogy a tervezés nem kellő időben történő befejezése és a megfelelő projekt előkészítés hiánya miatt a munkaerő igény és a létesítés időtartama gyakran megduplázódott. Sajnos a mai tapasztalatok is mutatnak hasonlóságot.

2. Bevezetés

Egy atomerőmű létesítése és annak előkészítése igen nagy műszaki és pénzügyi feladat, amelyet a magas biztonsági színvonal, mint fő szempont szem előtt tartásával kell végrehajtani. A biztonság szintje alapvetően függ a tervezés, a létesítés és az üzemeltetés humán feltételeitől, következésképpen a humánerőforrás megteremtése minden más iparágénál gondosabb előkészítést és megvalósítást igényel.

Alapos adatgyűjtéssel, információ szerzéssel fel kell készülni a feladatokra, hogy a tulajdonos a beruházási szerződés megkötése előtt képes legyen felmérni vállalási kapacitását.

A pontos humán erőforrás igényeket és a háttér munka volumenét ekkor lehet specifikálni. A folyamatban lévő és már befejeződött atomerőműi beruházások rávilágítottak a humán erőforrás-tervezés fontosságára, melynek jó menedzselésével jelentős idő és tőke takarítható meg.

2.1. Célkitűzés

A tanulmány célja az erőműbővítéshez szükséges humánerőforrás igény ismertetése abból a célból, hogy a létesítési ütemterv szerinti időszakra a megfelelő képzettségű, megfelelő gyakorlattal rendelkező munkaerő rendelkezésre álljon mind az építés-szerelés, mind az üzembe helyezés, mind az üzemeltetés időszakában. Jelen tanulmány javaslatokat fogalmaz meg, amelyek az igény-, adottság- képzésrendszer alapját képezi, megalapozza a továbblépés lehetőségét az új atomerőműi blokkok humánerőforrás-biztosítás rendszerében.

2.2. Megközelítés, módszertan

Az elemzés készítése során kiemelt cél volt, hogy a benne foglalt állítások, hivatkozások, következtetések, adatok és információk forrása, alapjai ellenőrizhetők, visszakereshetők legyenek.

Az elemzés ennek megfelelően elsődlegesen publikusan elérhető nemzetközi és magyar forrásokra és az elemzést készítő PÖYRY ERŐTERV ZRt. villamosenergia-ipari és specifikusan erőmű építés és tervezési, mérnökszolgálati tapasztalataira támaszkodik, kiegészítve az európai nemzetközi konzultációkon és helyszíni látogatásokon nyert adatokkal és szerzett tapasztalatokkal.

2.2.1 Dokumentumelemzés

Potenciális tenderezők:

- AREVA
- ATMEA
- Atomstroyexport
- KEPCO
- Westinghouse

által már eddig megjelent előadások, publikációk, írásos ismertetők összegyűjtése, feldolgozása és elemzése.

A legfontosabb dokumentumok, amelyre a tanulmány elkészítése során támaszkodtunk:

- IAEA NUCLEAR ENERGY SERIES No. NG-T-3.10 Workforce Planning for New Nuclear Power Programmes, International Atomic Energy Agency, Vienna,
- IAEA-TECDOC-1501 Human resource issues related to an expanding nuclear power programme (2006)
- Safety Standards Series No. NS-G-2.8, Recruitment, qualification and training of personnel for nuclear power plants, Safety Guide, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002
- Safety Standards Series No. NS-G-2.9, Commissioning for nuclear power plants, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2003

Ezen felül további információkat gyűjtöttünk az elérhető internetes honlapokról és egyéb az interneten, a témakörrel kapcsolatban megjelenő publikációkból:

- Renaissance Nuclear Skills Series 2, Next generation: Skills for New Build Nuclear, Published by Cogent Sector Skills Council, 2010. március
- [39] Nuclear Lessons Learned, Published by The Royal Academy of Engineering, 2010. október, London, UK

2.2.2 Konzultáció

Két, várhatóan tenderező szállítók, folyamatban lévő atomerőmű beruházásának tanulmányozása:

- a valós munkaerő igény;
- a kockázati tapasztalatok;
- a helyi és a külföldi munkaerő arányának;
- a hiányzó munkaerő pótlás módszereinek

helyszíni megismerése céljából.

Módszertanilag az utazás során a helyszíni megfigyelés, a félig strukturált interjú (témakörök megadása) és a prezentáció módszerét alkalmaztuk. Az utazások előtt a fogadó fél számára eljuttattuk kérdéseinket (Lásd: 9.sz melléklet), illetve a humánerőforrás-igények strukturált meghatározása céljából a Lévai projekt munkacsoportja által megadott szakmai jegyzékek listáját (10.sz. melléklet), amely alapján felkészülhettek és elkészíthették prezentációikat.

1. Franciaország (AREVA)

6 fős delegáció utazott 2011. január 30 és február 3 között Párizsba és Flamanville-be (Franciaországba) konzultáció, illetve a folyamatban lévő, Flamanville-i erőműbővítés helyszíni megtekintése céljából. A magyar delegáció tagjai az alábbi személyek voltak:

A magyar delegációt az AREVA részéről,
kísérte végig az út során.

1.nap:

Konzultáció a Flamanville-i, helyi látogató központban:

- Előadás: Welcome to EDF Flamanville, Partnership and local economy
- Előadó: , az EDF képviselőjében

Építési terület megtekintése:

A prezentációt követően körbejártuk az EDF képviselője és
(AREVA) kíséretében a Flamanville 3 építési területét,
bemutatták a telephely és a felvonulási területet, a műhelysátrak elhelyezkedését, az építőanyag
tárolás rendszerét, a betonüzemet és válaszoltak a felmerülő kérdéseinkre.

2.nap:

Konzultáció az AREVA központjában az alábbi résztvevőkkel:

A konzultáción a következő prezentáció hangzott el:

- Előadás: Standard EPR™ Single Unit Construction Site Organization & Manpower
- Előadó: , AREVA

3.nap:

Konzultáció az AREVA központjában az ATMEA vállalat két képviselőjével:

Előadás: ATMEA és ATMEA1TM műszaki bemutatása

Előadó:

II. Oroszország (Atomstroyexport)

5 fős delegáció utazott 2011. november 6 és 9 között Moszkvába és Novovoronyezsbe (Oroszország) konzultáció, illetve a folyamatban lévő, Novovoronyezs-i erőműbővítés helyszíni megtekintése céljából. A magyar delegáció tagjai a következők voltak:

A delegációt az orosz kivitelező részéről

kísérte az út során.

1.nap:

Konzultáció az Atomstroyexport központi épületében a következő résztvevőkkel:

A konzultáción elhangzott prezentációk:

Előadás: NvNPP-2 létesítés előkészítő szakasza

Előadó:

Előadás: Novovoronyezs II. erőmű előkészítési fázisa

Előadó:

Előadás: Értékelést tartott a Szentpétervári atomerőmű építés-szerelési munkaerő-szükségletéről

Előadó:

2. nap:

Konzultáció a Novovoronyezs II. atomerőmű épületében az alábbi résztvevők előadásával:

- Előadás: Novovoronyezszi atomerőmű építési tapasztalatai

Előadó:

Előadás: Toborzási és képzési program

Előadó:

- Előadás: Dokumentáció kidolgozása és gyakorlati alkalmazása

Előadó:

- Előadás: Építési-szerelési személyzet rendelkezése állása

Előadó:

A prezentációkat követően az előadók és a fogadó fél képviselői válaszoltak az általunk feltett kérdésekre.

Építési terület megtekintése:

A delegációt a Rosenergoatom képviselőjében

vezette. Ennek során képet kaphattunk az építési-szerelési munkák jelenlegi fázisáról, valamint szemügyre vehettük a munkások ideiglenes szállásait és az épülő infrastruktúrát a Novovoronyezs II. építési helyszínén.

2.2.3 Szakértő bevonása

A magyar munkajogi, munkavédelmi és foglalkozás-egészségügyi feltételeire, a jogszabályok hatása a tervezett paksi bővítés munkaerőigényének előrejelzésére külső jogi szakértőt alkalmaztunk (lásd: 9. fejezet):

A kutatási tevékenység korlátai

Az MVM ZRt. és a PÖYRY ERŐTERV ZRt. között a jelen tanulmánykötet elkészítésének tárgyában létrejött szerződés szerint a prognosztizálható tenderezőkkal való kapcsolatfelvétel a megrendelő által biztosított kontaktusokon keresztül történhet.

Westinghouse képviselője az elküldött kérdésekre megküldte válaszát, melyet a tanulmányban feldolgoztunk.

2.3. A tanulmány felépítése

A tanulmány 3. fejezete bemutatja az atomerőmű működésére vonatkozó jogszabályokat, különös tekintettel a *118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről* rendeletre, melynek mellékletei a *Nukleáris Biztonsági Szabályzatok*. Ezekből kigyűjtöttük és idéztük a humánerőforrással, személyzettel kapcsolatos pontokat.

A 4. fejezet rövid ismertetést ad a meghatározott 5 „potenciálisan létesíthető” blokk típussal kapcsolatban, melyek a tenderen a várakozások szerint majd indulnak. Jelen tanulmány vizsgálata mind az 5 típusra kiterjedt.

Az 5. fejezet általános áttekintést ad a az atomerőmű blokkok építés-szerelési, üzembe helyezési és üzemeltetési szakaszainak munkaerőigényéről.

A 6. fejezet bemutatja az 5 megnevezett atomerőmű típusra jellemző, publikációkban fellelhető munkaerőigényt és azzal kapcsolatos adatokat.

A 7. fejezet tapasztalatokat és tanulságokat mutat be európai atomerőmű beruházásokról a munkaerőigényt bemutatva. Ez a fejezet mutatja be a tárgyi témában két folyamatban lévő építkezésen történt látogatás és konzultáció tapasztalatait.

A 8. fejezet olyan releváns tapasztalatokat mutat be a jelenleg üzemelő paksi blokkok építésével kapcsolatosan, melyek az új blokkok építésénél is tanulsággal szolgálhatnak.

A 9. fejezet a magyar munkaügyi, munkavédelmi és egészségügyi jogszabályokat mutatja be, azok hogyan, változtathatják meg a nemzetközi forrásokból megszerzett humánerőforrás-adatok használhatóságát.

A 10. fejezet a tanulmány készítése során szerzett információkat összegzi, míg a 11. fejezet javaslatokat fogalmaz meg az új paksi atomerőmű blokkok munkaerő-igényének tervezéséhez.

3. Vonatkozó jogszabályok bemutatása

A nukleáris létesítmény biztonságos üzemeltetéséhez, az üzemzavarok és baleseti helyzetek elhárításához rendkívül fontos a szükséges és elégséges, meghatározott és igazolt képzettséggel és gyakorlattal rendelkező munkavállalók megfelelő létszáma és összetétele.

Magyarországon az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos tevékenységeket az alábbi törvények és rendeletek szabályozzák:

- 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról
- 112/2011. (VII. 4.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségekkel összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról
- 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről

Az 1996. évi CXVI. törvény általánosan megfogalmazza azt az alapelvet, hogy „Az atomenergia biztonságos alkalmazását – beleértve a nukleárisbaleset-elhárítást – és az ezzel összefüggő kutatási-fejlesztési feladatok megoldását a tudomány és a technika fejlesztésével, a kutatómunka összehangolt szervezésével, a hazai, illetve a nemzetközi tudományos kutatások eredményeinek gyakorlati alkalmazásával, valamint szakemberek képzésével, továbbképzésével kell elősegíteni.”

A törvény az atomenergia hatósági felügyeletét szabályozza, emellett más közigazgatási szervek hatósági jogkörét és feladatát is meghatározza. Előírja, hogy az oktatásért felelős miniszter

- gondoskodik arról, hogy a jogszabályban meghatározott Nemzeti Alapntervbe beépítésre kerüljön az atomenergia alkalmazásával összefüggő alapvető tudományos, technikai és sugárvédelmi ismeretek oktatási kötelezettsége;
- a szakmailag illetékes felsőoktatási intézményekkel együttműködve, az érintett miniszterek bevonásával – a felsőoktatásra vonatkozó jogszabályok keretein belül – gondoskodik az atomenergia alkalmazása terén a felsőfokú képzés, valamint továbbképzés szabályozásáról és feltételeinek megteremtéséről.

Jelen tanulmány tárgyában a 112/2011. (VII. 4.) Korm. rendelet vizsgálata nem releváns.

Az atomerőművek tervezési követelményeit a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet mellékleteit képező Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ) tartalmazzák. 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet hatálya a Magyar Köztársaság területén létesíteni kívánt, valamint a már üzemelő nukleáris létesítményekre, a nukleáris létesítménnyel kapcsolatos tevékenységekre és az e tevékenységet végzőkre terjed ki, így:

a) a nukleáris létesítmény

- telepítésére,
- létesítésére, bővítésére,
- üzembe helyezésére,
- üzemeltetésére,
- átalakítására,
- üzemén kívül helyezésére, és
- megszüntetésére;

b) építmény

- építésére,
- építészeti-műszaki tervezésére,
- építési anyagai, épületszerkezetei tekintetében azok gyártására, beszerzésére,
- használatba vételére,
- felújítására és átalakítására,
- helyreállítására, bővítésére, és
- lebontására;

c) a nukleáris létesítményben a munkavállalóknak a nukleáris biztonsággal kapcsolatos különleges foglalkoztatási előírásaira.

A törvény rendelkezik arról, hogy a nukleáris létesítmény üzemeltető személyzetének mindenkor ki kell elégítenie a létszámmal, iskolai végzettséggel, szakképzettséggel, egészségi állapottal, fizikai és pszichikai alkalmassággal kapcsolatos, az adott feladatra írásban rögzített követelményeket.

Az engedélyes kötelezettségeként előírja: „Az engedélyes biztosítja, hogy a nukleáris létesítményben csak a tevékenység ellátására alkalmas, felkészült és a szükséges jogosítványokkal rendelkező munkavállaló végez munkát.”

A törvényben a nukleáris létesítmények nukleáris biztonságára vonatkozó hatósági eljárásokra, a nukleáris létesítmények irányítási rendszereire, valamint a nukleáris létesítmények életeiklusa szerinti tevékenységek végrehajtására és azok felügyeletére vonatkozó nukleáris biztonsági követelményeket magukba foglaló Nukleáris Biztonsági Szabályzatokat (továbbiakban: NBSz) a Korm. rendelet 1-9. mellékletei tartalmazzák.

Az alábbiakban összegyűjtöttük az atomerőmű blokkok engedélyezésének, üzemeltetésének humánerőforrással kapcsolatos –az NBSZ-ben az alábbiak szerint található- szabályozásait (a számozás az NBSz-köteteknek megfelelő):

1. kötet: Nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági hatósági eljárásai

1.2.5. Üzemeltetési engedély

Az engedély iránti kérelem tartalmi követelményei

1.2.5.0600. Az engedély iránti kérelemben:

d) be kell mutatni, hogy az engedélyes miként biztosítja az üzemeltetési engedély kérelmezett időbeli hatálya alatt a nukleáris biztonság fenntartásához szükséges erőforrásokat.

1.7. A MUNKAVÁLLALÓK NUKLEÁRIS BIZTONSÁGI HATÓSÁGI VIZSGÁZTATÁSA

1.7.1. A munkakörök kategorizálása a nukleáris biztonság szempontjából

1.7.1.0100. Az adott nukleáris létesítményre jellemző sajátosságok figyelembevételével a tervező meghatározza a biztonság szempontjából fontos munkakörök és atomerőművek esetében ezen belül a biztonság szempontjából kiemelten fontos munkakörök listáját, és a listát szerepeltetni kell a nukleáris létesítmény Előzetes Biztonsági Jelentésében és Végleges Biztonsági Jelentésében. A listákat a nukleáris biztonsági hatóság a létesítési engedélyben hagyja jóvá, majd időszakosan, de legalább az időszakos biztonsági felülvizsgálat keretében felülvizsgálja, és szükség szerint aktualizálja.

1.7.2. Jogosítvány megszerzése és megújítása

1.7.2.0100. A biztonság szempontjából meghatározó munkakörök betöltése nukleáris biztonsági hatósági jogosítványhoz kötött. A nukleáris biztonsági hatósági jogosítvány megszerzéséhez nukleáris biztonsági hatósági jogosító vizsgát kell tenni, melynek az engedélyes által elkészített szabályozását a nukleáris biztonsági hatóság hagyja jóvá.

1.7.2.0200. A jogosítvány megszerzésnek, megújításának feltétele, hogy a munkakört betöltő

- a) fizikai, pszichológiai alkalmasságát megfelelő orvosi vizsgálat igazolja,
- b) a munkakörre előírt elméleti és gyakorlati képzési programot teljesíti, valamint
- c) az adott munkakör betöltéséhez szükséges elméleti és gyakorlati ismeretei alkalmassá teszik a jogosítvány szerinti feladatok elvégzésére.

1.7.2.0600. Új nukleáris létesítmény esetén a jogosítványokat a nukleáris létesítmény üzembe helyezési engedélyének kiadásáig, atomreaktorral üzemelő nukleáris létesítmény esetén legkésőbb a fűtőelemek első berakásának megkezdéséig kell megszerezni.

1.7.2.1200. Több hasonló blokkal üzemelő atomerőmű esetében, amennyiben a nukleáris létesítmény rendelkezik az atomerőművi blokkok közötti különbségeket is oktató képzési programmal és a másik atomerőművi blokkon történő munkavégzés feltételeinek a nukleáris biztonsági hatóság által elfogadott szabályozásával, akkor az adott munkakör betöltését biztosító jogosítvány az atomerőmű minden blokkjára kiterjedő érvényességgel is kiadható.

2. kötet: Nukleáris létesítmények irányítási rendszerei

2.4. ERŐFORRÁSOK KEZELÉSE

2.4.1. Az erőforrások biztosítása

2.4.1.0100. A felső vezetőség meghatározza és biztosítja az engedélyes tevékenységeinek végrehajtásához, valamint az irányítási rendszer bevezetéséhez, működtetéséhez, értékeléséhez és folyamatos javításához szükséges erőforrásokat és döntési jogkörrel kell rendelkeznie ezen források felhasználása felett.

2.4.2. Emberi erőforrások

2.4.2.0100. A felső vezetőség minden szintre meghatározza a munkavállalókra vonatkozó szakmai követelményeket, és oktatás vagy egyéb intézkedések útján gondoskodik a szükséges ismeret- és tudásszint eléréséről és fenntartásáról, továbbá értékeli a foganatosított intézkedések hatékonyságát. Az így elért hozzáértést és szakértelmet folyamatosan fenn kell tartani.

2.4.2.0200. A vezetőség biztosítja, hogy a tevékenységeket a megfelelő ismeretekkel rendelkező munkavállalók végezzék. A munkavállalók számára megfelelő képzést és oktatást kell nyújtani, hogy tisztában legyenek saját tevékenységük jelentőségével és biztonsági következményeivel.

3. kötet: Atomerőművek tervezése

3.2.7.3100. Az atomerőművi blokk üzembe helyezése előtt Végleges Biztonsági Jelentést kell készíteni, amely összefoglalja és egységes rendszerbe szervezi a tervezési dokumentáció alapvető elemeit.

3.2.7.3200. A Végleges Biztonsági Jelentésben ismertetni kell:

j) az üzemzavar-elhárítási utasításokat és a súlyosbaleset-kezelési útmutatókat, az ellenőrzési utasításokat, az üzemeltető személyzet képzettségi követelményeit és képzését, az üzemeltetési tapasztalatok visszacsatolásának eljárását és az öregedéskezelés programját;

4. kötet: Atomerőművek üzemeltetése

4.2. ÜZEMELTETÉSI FELTÉTELEK ÉS KORLÁTOK

4.2.0.0900. Meg kell határozni a különböző üzemállapotok esetén szolgálatot teljesítő személyzet szükséges létszámát és feladatait annak figyelembevételével, hogy az esetleges üzemzavarok során szükséges intézkedéseket is el tudják végezni.

4.3. ÜZEMBE HELYEZÉS

4.3.2.0300. A nukleáris létesítmény első üzembe helyezése során a leendő, a nukleáris létesítményben végzett átalakításokat követő üzembe helyezések során pedig az aktuális

üzemeltető és karbantartó személyzet részvételét biztosítani kell annak érdekében, hogy számukra az üzembe helyezés az üzemeltetésre való felkészülés fontos gyakorlati lépése legyen.

4.4. AZ ENGEDÉLYES SZERVEZETE

4.4.0.0100. Az engedélyes felső vezetősége biztosítja az atomerőmű biztonságos, az összes vonatkozó jogszabályi és hatósági követelményt kielégítő működését.

4.4.0.0200. A szervezet kialakításának legfőbb szempontja az atomerőmű biztonságos üzemeltetése a tervezési alapba tartozó valamennyi üzemállapotban, a biztonságos üzemeltetéshez szükséges funkciók meglétének és megfelelő működtetésének, valamint a veszélyhelyzetek megfelelő elhárítására való alkalmasság biztosítása. A szervezeti felépítés e szempontoknak megfelelő alkalmasságát igazolni és dokumentálni kell a nukleáris létesítmény üzembe helyezését, és minden szervezeti átalakítást követően. A szervezeti felépítés kialakításakor, fejlesztésekor és működtetésekor biztosítani kell az alábbi funkciók szétválasztását:

- a) irányítási, tervezési funkciók,
- b) az üzemeltetés végrehajtási funkciói,
- c) független felülvizsgálati funkciók,
- d) az üzemeltetést támogató funkciók.

4.4.0.0300. Az engedélyes a nukleáris létesítmény üzemeltetésébe az alábbi megkötésekkel vonhat be beszállítót:

- a) az engedélyesnek mindig rendelkeznie kell elegendő számú és szaktudású saját személyzettel és erőforrással ahhoz, hogy ismerje és értse az atomerőmű engedélyezési alapját, az atomerőmű tényleges felépítését, üzemeltetését és működését az atomerőmű valamennyi üzemállapotában;
- b) az engedélyesnek elegendő számú és szakértelmű saját személyzetet és erőforrást kell fenntartania a beszállítókra vonatkozó előírások meghatározásához, a beszállítók által végzett munka irányításához, értékeléséhez és felügyeletéhez;
- c) az engedélyesnek a nukleáris biztonsággal kapcsolatos minden területen gondoskodnia kell a szükséges mérnöki és műszaki háttértámogatás rendelkezésre állásáról a nukleáris létesítmény fennállásának teljes időtartama alatt;
- d) a beszállítók által nyújtott szolgáltatások nem terjedhetnek ki az üzemeltetés tervezési, irányítási és ellenőrzési funkcióira;
- e) az üzemvitel területén azon tevékenységek végrehajtásánál lehet beszállítót alkalmazni, amelyek érdemben nem érintik sem az energiatermelés alapfolyamatát, sem a nukleáris biztonságot; adminisztratív előírásokkal biztosítani kell, hogy a váltóműszakos operatív irányítási séma szerinti hierarchia érvényesüljön a beszállítók bevonása révén alkalmazott személyzetre is;

továbbá

f) az üzemeltetés felügyeletét az üzemeltetéstől független szervezeti egységnek kell ellátnia; az ellenőrzés tervezését, az eredmények jóváhagyását az engedélyes felügyeletet ellátó szervezeti egységnek kell végeznie.

4.4.0.0400. A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek, rendszerelemek ellenőrzését megfelelő hatáskörrel rendelkező szervezeti egységre kell bízni.

4.4.0.0500. A beszállítók munkavállalóinak a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszereken vagy rendszerelemekeken folytatott munkavégzését az engedélyes – adott munkavégzés szempontjából – megfelelő szaktudással rendelkező munkavállalójának kell jóváhagynia és ellenőriznie.

4.4.0.0600. Az engedélyes felelős azért, hogy az üzemeltető személyzet számára adottak legyenek a biztonságos munkavégzéséhez szükséges felszerelések és munkafeltételek.

4.4.0.0700. A nukleáris biztonság fenntartása és szükség szerinti növelése érdekében az engedélyes folyamatosan figyelemmel kíséri a biztonsági teljesítményt egy erre alkalmas felülvizsgálati rendszeren keresztül.

4.4.0.0800. Az üzemeltetési folyamatok megfelelő szabályozásával el kell érni, hogy a biztonsággal összefüggő döntéseket elegendő és megbízható információ alapján hozzák. A döntéshozatal során figyelembe kell venni a kockázati szempontokat. A nukleáris biztonsággal összefüggő döntéseket megfelelő elemzésnek és független biztonsági felülvizsgálatnak kell megelőznie.

4.4.0.0900. A munkavállalók számára a felelősségeket, a jogosultságokat, az alá-, fölérendeltségi viszonyokat és a kommunikációs útvonalakat világosan definiálni és dokumentálni kell.

4.4.0.1000. Az engedélyes szervezeti és működési szabályzatának tartalmaznia kell a munkaköri leírásokkal kapcsolatos előírásokat. Pontosan meg kell határozni a jogokat, köteleességeket, felelősségeket, a szükséges kompetenciákat és függőségi kapcsolatokat az engedélyes szervezetén belül az egyéntől a különböző méretű szervezetekig. A munkaköri leírásokban ki kell térni az adott munkakör betöltéséhez szükséges ismeretek és feltételek meghatározására is.

4.4.0.1100. Ki kell zárni annak a lehetőségét, hogy az atomerőmű blokkjának üzemeltetése során az atomerőművi blokk üzemmódjaiban az üzemviteli feladatokra kijelölt és szükséges képzéssel rendelkező munkavállalókon kívül más személyek bármiféle változtatást végrehajthassanak.

4.4.1. A munkavállalókra vonatkozó követelmények

4.4.1.0100. A biztonságos üzemeltetéshez szükséges üzemeltető személyzet létszámát és szaktudását szisztematikusan és dokumentumokban rögzített módon kell elemezni.

4.4.1.0200. A biztonságos üzemeltetéshez szükséges és elégséges üzemeltető személyzet létszámát, szaktudását és a biztonságos munkavégzésre való alkalmasságát szabályozott módon igazolni kell és be kell mutatni a Végleges Biztonsági Jelentésben.

4.4.1.0300. Az engedélyes gondoskodik a biztonságos üzemeltetéshez szükséges és elégséges üzemeltető személyzet rendelkezésre állásáról.

4.4.1.0400. Az engedélyesnek hosszú távú munkaerő-gazdálkodási tervvel kell rendelkeznie a nukleáris biztonság szempontjából fontos tevékenységekre.

4.4.1.0500. Figyelembe kell venni az emberi kapcsolatokat, elsősorban a függőségi viszonyokat, az együttműködés és kommunikáció hatását az üzemeltető személyzet összetételének megállapításakor.

4.4.1.0600. Az üzemeltető személyzetnek mindenkor meg kell felelnie létszámmal, iskolai végzettséggel, szakképzettséggel, jártassággal, a nukleáris biztonság iránti elkötelezettséggel, egészségi állapottal, fizikai és pszichikai alkalmassággal kapcsolatos, az adott feladatra írásban rögzített követelményeknek. A fentieknek biztosítaniuk kell, hogy az üzemeltető személyzet tervezési üzemzavar és baleset esetén is képes legyen feladatainak ellátására. A követelményeknek való megfelelést dokumentálni kell.

4.4.1.0700. A nukleáris biztonság szempontjából fontos munkakört betöltő munkavállalók fizikai és pszichológiai alkalmasságát orvosi vizsgálaton kell megállapítani. Az orvosi vizsgálatokat időszakonként meg kell ismételni.

4.4.1.0800. A munkavégzésre és a munkavállalókra vonatkozó követelményeknek azonosnak kell lenniük attól függetlenül, hogy a munkát az engedélyes munkavállalója, vagy a beszállító munkavállalója végzi.

4.4.1.0900. Az atomerőműben tevékenykedő munkavállalókat ellenőrizni kell munkaképességük, egészségügyi, fizikai, pszichikai állapotuk, szakképesítésük és szakmai gyakorlatuk megfelelősége szempontjából, ezért erre megfelelő ellenőrzési rendszert és eszközöket kell biztosítani.

4.4.1.1000. Az engedélyesnek átfogó képzési politikájával összhangban az üzemeltető személyzet szakmai felkészítésének, a felkészültség számonkérésének, a rendszeres szinten tartó képzéseknek és a felkészültség időszakos ellenőrzésének programját írásban kell rögzíteni, és időszakonként felül kell vizsgálni.

4.4.1.1100. A képzési és szinten tartó oktatási programnak, a vezetői magatartásnak, példamutatásnak, támogatásnak és elvárásnak kell biztosítania, hogy az üzemeltető személyzet a szervezet minden szintjén megértse a nukleáris biztonság elsőrendű fontosságát, és helyesen tudja teljesíteni kötelességét mind a nukleáris létesítmény normál üzemmodjában, mind pedig tervezési üzemzavar esetén, az írásban rögzített üzemeltetési és üzemzavar-elhárítási utasításoknak megfelelően.

4.4.1.1200. A képzési és szinten tartó oktatási programnak mind az elméleti, mind pedig a gyakorlati – különösen a szimulátoron és munkahelyen történő – képzésre ki kell terjednie.

4.4.1.1300. Az alkalmazott szimulátornak biztosítania kell a normál és az üzemzavar-kezelési utasítások használatának és az üzemviteli személyzet együttműködésének hatékony gyakorlását.

4.4.1.1400. A szinten tartó képzésnek ki kell terjednie az üzemeltetési tapasztalatokra és az átalakításokra.

4.4.1.1500. A vezénylőtermi beosztásokban állandó vagy ideiglenes jelleggel munkát végző üzemviteli személyzet éves szinten tartó képzésének tartalmaznia kell legalább 5 napos szimulátoros gyakorlatot.

4.4.1.1600. A karbantartó és a műszaki háttér személyzetnek képzést kell kapniuk a tőlük megkövetelt, a nukleáris biztonság szempontjából kritikus tevékenységekre.

4.4.1.1700. A képzési programban kiemelt figyelmet kell fordítani a tervezési üzemzavarok és balesetek során foganatosítandó intézkedésekre. A képzési programban szerepelnie kell a következőknek:

a) az üzemi földrengést követően végrehajtandó ellenőrzések, valamint a biztonsági földrengés esetére vonatkozó intézkedési terv oktatása, továbbá az intézkedési terv végrehajtásának időszakos gyakoroltatása, és

b) az üzemzavar-elhárítási utasításokról a súlyos baleset kezelésére vonatkozó útmutatókra történő áttérésnek és a súlyos baleseti helyzet kezelésének gyakorlása.

4.4.1.1800. A biztonság szempontjából meghatározó munkakörökre nézve

a) megfelelő egyedi képzési programokat kell kifejleszteni a képzési igények folyamatos felmérése alapján;

b) a képzési szervezetnek rendelkeznie kell a szükséges forrásokkal, eszközökkel és létesítményekkel;

c) a képzést megfelelő képzettségű oktatóknak kell végezniük, és az oktatók tevékenységét ellenőrizni kell;

d) rendszeresen mérni kell a képzés hatékonyságát; valamint

e) az üzemeltető személyzet alkalmasságát folyamatosan ellenőrizni kell, és az ellenőrzések tapasztalatait figyelembe kell venni a szinten tartó képzések összeállításánál.

4.4.1.1900. A képzésben szisztematikus megközelítést kell alkalmazni. A képzési program kialakítása a különböző munkaköröknél a következő fejlesztési fázisokból áll:

a) elemzés: az adott munkakör megfelelő ellátásához szükséges ismereteken alapuló képzési igények meghatározása;

b) tervezés: az ismeretek elsajátításához szükséges képzési célok meghatározása;

c) fejlesztés: a képzési célok eléréséhez szükséges képzési anyagok előállítása;

d) megvalósítás: a képzési anyagok szisztematikus oktatása;

e) értékelés: a korábbi összes fázis adatainak feldolgozása a képzési program fejlesztése, javítása érdekében.

4.4.1.2000. A képzéssel kapcsolatos dokumentációnak tartalmaznia kell a képzési programra és az oktatók teljesítményére vonatkozó adatokat. A képzések hatékonyságát mérni kell, amiről a vezetőséget rendszeresen tájékoztatni kell.

4.4.1.2100. A képzési programnak ki kell terjednie a vezetőségre, az üzemeltető személyzetre, valamint a képzést végző oktatókra, instruktorokra, akiknek ismernie és értenie kell a hatósági követelményeket is, hogy megfelelő intézkedésekkel időben teljesítsék az előírásokat.

4.4.1.2200. A nukleáris biztonság szempontjából meghatározó munkaköröket betöltők képzéséről, az ismeretek számonkérésének eredményeiről, a munkakörök betöltéséhez szükséges vizsgákról az engedélyesnek személyre szóló nyilvántartást kell létrehoznia és azt naprakész állapotban tartania.

4.4.1.2300. A biztonság szempontjából kiemelten fontos üzemviteli és karbantartói munkaköröket betöltő személyzetnek a munkakör betöltéséhez az 1. melléklet 1.7. pontjában meghatározott érvényes jogosítvánnyal kell rendelkeznie. Az engedélyesnek ki kell dolgoznia a jogosítvány megszerzésének és megújításának eljárását. Dokumentált kritériumokat kell alkalmazni annak megítélésére, hogy az adott munkavállaló szaktudása és alkalmassága alapján a jogosítvány kiadható-e.

4. A számításba vett blokk típusok jellemző adatainak ismertetése

Az új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítése során végzett előzetes vizsgálat [2] a piacon elérhető 3. generációs atomerőmű típusok előzetes értékelése után részletes elemzésre hat nyomottvizes blokk típust (AP600, AP1000, VVER-640, VVER-1000/AES-2006, ATMEA1, EPR) választott ki. Ezek technológiai, biztonsági, üzemeltetési, karbantartási és létesítési jellemzői részletesen elemzésre kerültek. A hivatkozott Megvalósíthatósági Tanulmány egyértelműen nyomottvizes blokk típust javasolt, alapvetően az alábbi okok miatt. A létesítések világtendenciája a nyomottvizes reaktorok fokozódó dominanciáját tükrözi, a ma épített új blokkok több mint 80%-a ehhez a típushoz tartozik. A nyomottvizes típus választását a meglévő hazai szakmai háttér és a paksi atomerőmű blokkjaival szerzett sokéves kedvező üzemeltetési tapasztalat is megfelelően indokolja.

Az [2] elemzés az alábbi nyomottvizes típusokat javasolta mint a paksi telephelyen potenciálisan felhasználható („perspektivikus”) blokk típusokat:

- AP1000 – Advanced Pressurized Water Reactor 1000 (Toshiba-Westinghouse),
- AES-2006 (Atomsztrólexport, a nemzetközi piacon a típus neve MIR-1200),
- EPR – Evolutionary Pressurized water Reactor (AREVA),
- ATMEA1 (AREVA-Mitsubishi).

A lista időközben még kiegészült a dél-koreai APR1400 típussal (Advanced Pressurized Reactor, KEPCO–Korea Electric Power Corporation), amely a Combustion Engineering (ma Toshiba-Westinghouse) System 80+ elnevezésű nyomottvizes reaktor-konceptiójának továbbfejlesztésével alakult ki.

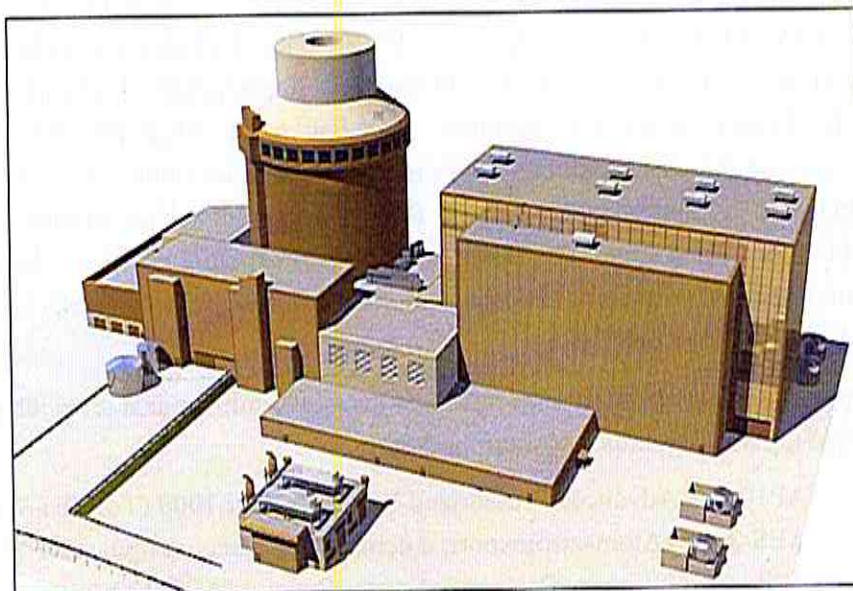
Jelenleg a fenti öt blokk típust tekintjük „potenciálisan létesíthető” típusnak. Azért, hogy jelen tanulmány tárgyában -különböző gyártók különböző blokkjaira vonatkozóan- bemutatott munkaerő igények eltérései érthetőek legyenek, ebben a fejezetben ismertetjük az egyes típusok jellemzőit.

4.1. A számításba vett blokk típusok alapadatai

4.1.1 AP1000 – Westinghouse Advanced Passive PWR

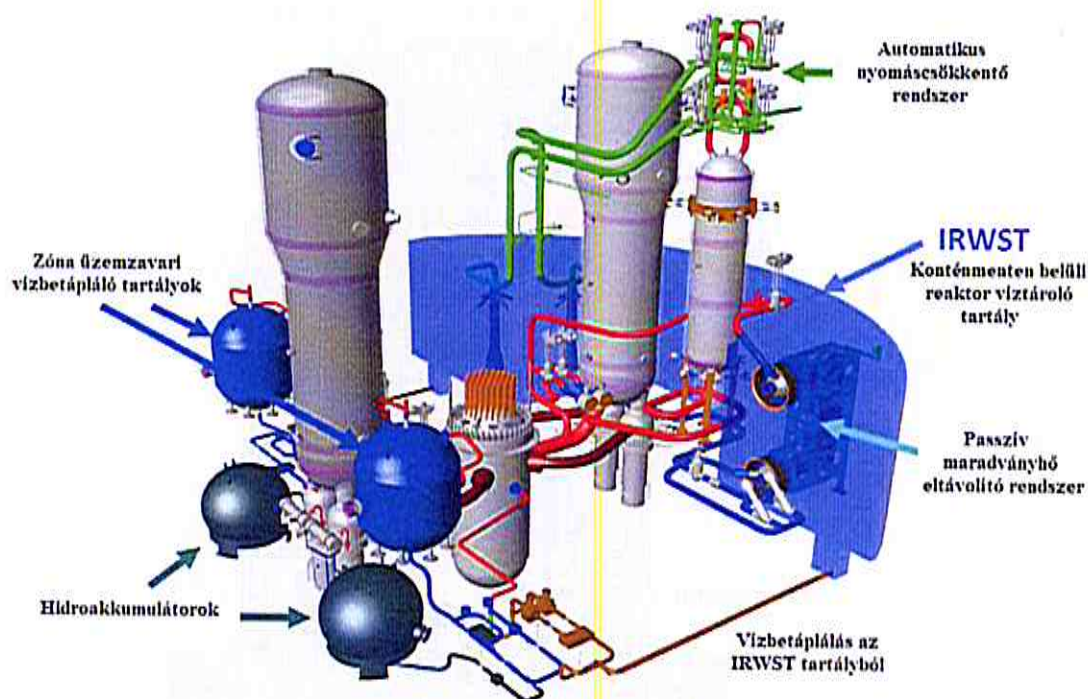
4.1.1.1 Műszaki jellemzők

Az AP1000 blokk (1. ábra) tervei



1. ábra: Az AP1000 blokk látványterve

[5]



2. ábra: Az AP1000 blokk primer köre és biztonsági rendszerei

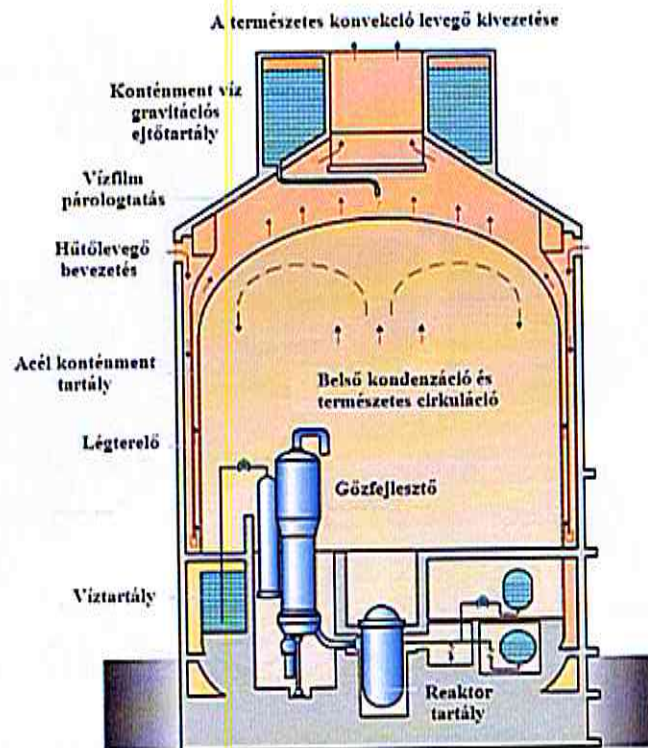
4.1.1.2 Biztonsági jellemzők

[5]Az AP1000 blokk kiterjedten alkalmazza a passzív biztonság elvét: biztonsági rendszerei nem tartalmaznak aktív komponenseket (pl. szivattyúkat), működésükhöz nincs szükségük biztonsági besorolású segédrendszerekre (pl. váltóáramú betáplálásra vagy hűtővízre). A biztonsági rendszerek vezérlése nagyon kevés kezelői beavatkozást igényel, ugyanis az elv a beavatkozások szükségességének kiküszöbölése volt a beavatkozások automatizálása helyett. A passzív biztonsági rendszerek előnye, hogy gravitáció, természetes cirkuláció, vagy összenyomott gáz energiája működteti őket, emiatt nincs szükségük veszélyhelyzeti energiaellátásra. Négy passzív biztonsági rendszere van: zóna üzemszervi hűtőrendszer, biztonsági befecskendező és nyomáscsökkentő rendszer, maradványhő elviteli rendszer és konténment hűtés. A passzív rendszerek eleget tesznek az egyszeres hibatűrés elvének, megbízhatóságukat két eltérő teljesítményszinten (600 MW és 1000 MW) átfogó kísérleti programok keretében tesztelték.

A konténment (3. ábra) szabadon álló,

. Minden biztonsági rendszer

a konténmentben vagy a segédépületben található, ezek közös földrengésálló alapon állnak. A passzív biztonsági elv alkalmazásának előnye a súlyos balesetek következményeinek hosszú távú csökkentése terén is megmutatkozik: ezen rendszerek operátori beavatkozások és külső energiaellátás (pl. dízel) nélkül biztosítják a maradványhő hosszú távú elvezetését. A súlyos baleseti folyamatok során az olvadt zóna kölcsönhatása a betonnal nem jöhet létre (a zónát visszatartják a reaktortartályban), továbbá hidrogénrobbanás sem következhet be, mert autokatalitikus rekombinátorok és hidrogénégetők működnek a konténmentben.



3. ábra: Az AP1000 blokk passzív konténmentje

4.1.1.3 Összegzés

Az AP1000 egy egyszerű, kiforrott és biztonságos konstrukció. Engedélyezési állapota jó: az NRC kiadta a blokk típusengedélyét, az EUR (European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants) követelményeknek a blokk megfelel. A közepesnél valamivel nagyobb beépített kapacitás miatt a fajlagos beruházási költségek kedvezőek, a üzemanyagciklus miatt a blokk üzemeltetése is versenyképes. Kedvező a rövid átrakási periódus és a tízévenként esedékes nagyjavítások rövid időtartama (kb. 40 nap) is. A blokk jól manőverezhető, a napi terheléskövetés az 50% és 100% közötti tartományban egy előre definiált menetrend szerint valósul meg. Biztonsági rendszerei passzív működtetésűek, a blokk tervezési biztonsági mutatói kiválóak. Az AP1000 fő műszaki és biztonsági paramétereit az 1. táblázat adja meg. [8]

Blokk jellemző	Érték ⁽¹⁾
Zóna termikus teljesítménye	
Villamos teljesítmény (bruttó)	
Önfogyasztás	
Villamos teljesítmény (nettó)	
Hatásfok (nettó) ⁽²⁾	
Tervezett üzemidő	
Tervezett teljesítménykihasználási tényező	
Főjavítás miatt tervezett állásidő éves szinten	
Primer körű hurkok és főkeringtető szivattyúk (FKSZ) száma	

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkarögzítés felmérése

Gőzfejlesztők száma és elrendezése	
Primer környomás	
Reaktor belépő / kilépő hőmérséklete	
Reaktor hűtőközeg forgalom	
Aktív zóna magassága	
Reaktortartály belső átmérő	
Üzemanyag ciklus hossza	
Egyensúlyi zónába berakott friss üzemanyag átlagdúsítása	
A kirakott üzemanyag átlagos kiégése	
Zóna urántöltet tömege	
Üzemanyag ⁽³⁾ szükséglet (18 hónapos ciklus, 43% átrakási hányad)	
Üzemanyag kazetták teljes száma	
Fűtőelem rudak száma kazettánként	
Szabályozó elemekkel rendelkező kazetták száma a zónában	
Átlagos lineáris teljesítmény az aktív zónában	
Turbogenerátorok száma	
Nagynyomású / kisnyomású turbinafokozatok száma	
Gőzfejlesztő kilépő gőznyomás	
Gőzfejlesztő kilépő gőzhőmérséklet	
Tápvíz hőmérséklet	
Turbina belépő gőzforgalom	
Kondenzátor hűtővíz forgalom (frissvizes hűtésnél)	
Turbina fordulatszáma (60 Hz / 50 Hz hálózathoz)	
Konténment tervezési nyomás	
Konténment tervezési hőmérséklet	
Konténment megengedett maximális szivárgása	
Nagy polgári utasszállító repülőgép rázuhanása ellen védett	
Maximális méretezési földrengés (PGA = Peak Ground Acceleration)	
Kollektív sugárdózis (célérték üzemeltetésre és karbantartásra)	
Zónaolvadás gyakorisága [1/év]	
Jelentős korai kibocsátás gyakorisága [1/év]	

1. táblázat: Az AP1000 blokk fő műszaki és biztonsági paraméterei

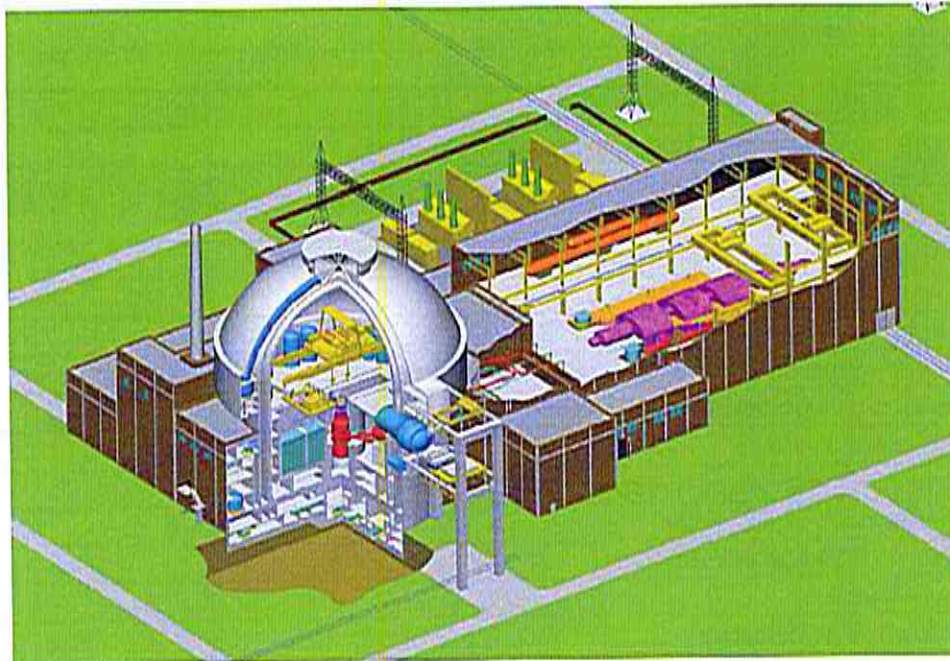
(1)

4.1.2 AES-2006 (MIR-1200)

4.1.2.1 Műszaki jellemzők

Az orosz gyártó ma lényegében két VVER verziót szállít: a 3. generációhoz tartozó AES-92 típust [6] és ennek a továbbfejlesztését, az AES-2006 blokkot (4. ábra). Az utóbbi nemzetközi piacra szánt verziója a MIR-1200 típus. Egy paksi létesítésnél ez jöhet számításba, a továbbiakban ezért a MIR-1200 névvel fogunk a VVER változatra hivatkozni. Az alapvető

technológia az előző VVER típusokhoz képest változatlan: 4 primer körű hurok és vízszintes gőzfejlesztők. Ami újat jelent az előzőekhez képest, az a nemzetközileg általánosan elfogadott biztonsági normák, valamint az EUR követelmények következetes alkalmazása.



4. ábra: A MIR-1200 blokk látványterve [101]

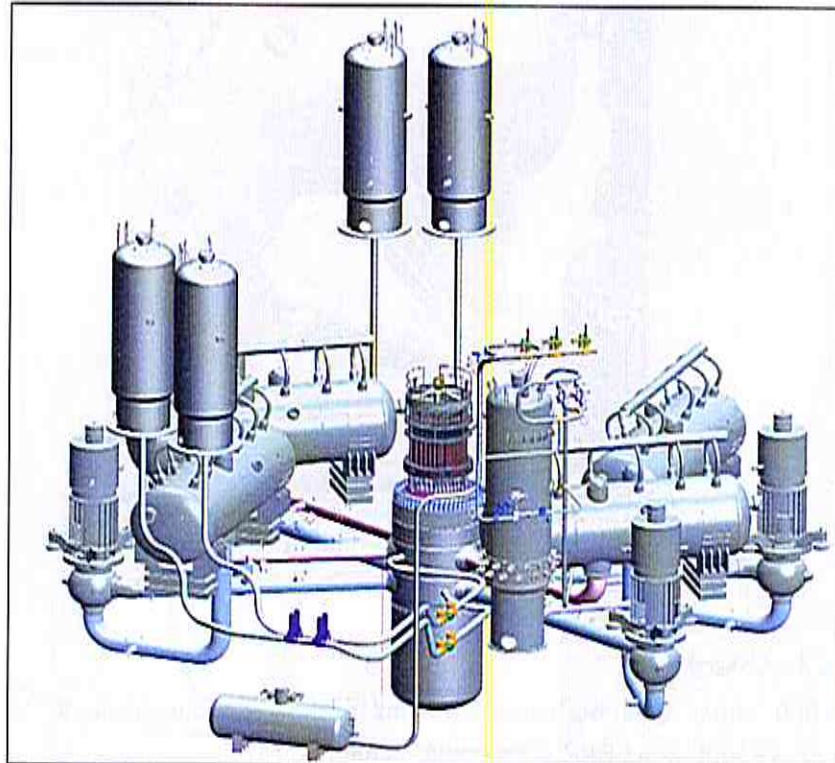
Az AES-92 típust az EUR szervezet minősítette és megfelelőnek találta. A MIR-1200 típusnál a technológiában nem történt lényeges változás az AES-92 blokkhoz képest, a fejlesztések alapvetően a gazdaságosság (egységteljesítmény, hatásfok) és a rendelkezésre állás javítására irányultak (pl. elérése).

4.1.2.2 Biztonsági jellemzők

Üzemzavari esetekben a reaktor és a primer kör (2. ábra) hosszú idejű hűtése operátori beavatkozás nélkül is megvalósul, ezt 4 db nagynyomású és 8 db kisnyomású hidroakkumulátor biztosítja az automatikus üzemű zónahűtő rendszerekkel együtt.

¹ A reaktormérgek azok az elemek, amelyek elnyelik a neutronokat (ezáltal csökkentve a sokszorozási tényezőt), anélkül hogy hozzájárulnának a láncreakcióhoz.

A blokk nukleáris rendszerei kettősfalú konténmentben (3. ábra) helyezkednek el. A konténmentet méretezték, a belső acélküpeny passzív hűtési móddal rendelkezik. Az egyenként 100%-os kapacitással rendelkező biztonsági rendszereket négy egymástól független csatornába rendezték. Mindegyik biztonsági csatorna energiabetáplálását egy-egy 6,3 MW teljesítményű dízelgenerátor biztosítja. A konténment alsó része olvadékelfogó szerkezetként (ún. zónafogó csapdaként) működik, ami a súlyos baleseti zónaolvadás következményeit hivatott korlátozni.



5. ábra: A MIR-1200 blokk primer köre



6. ábra: A MIR.1200 konténment 3D terve

4.1.2.3 Összegzés

A VVER-1000 típus továbbfejlesztése során eszközölt változások a MIR-1200 blokkot lényegében az AP1000 és az EPR színvonalára emelték. [8]

Oroszországban a hazai telepítésre szánt AES-2006 blokk típussal tervezik a nukleáris kapacitás jelentős bővítését: a tervek szerint 2020-ig 20 000 MW_e kapacitást (17 db blokkot) építenek. Ezzel párhuzamosan a gyártókapacitások jelentős bővítése, felfuttatása várható, részben nemzetközi kooperációk útján. A nemzetközi piacra szánt MIR-1200 fő műszaki és biztonsági paramétereit a 2. táblázat adja meg.

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

Blokk jellemző	Érték ⁽¹⁾
Zóna termikus teljesítménye	
Villamos teljesítmény (bruttó)	
Önfogyasztás	
Villamos teljesítmény (nettó)	
Hatásfok (nettó) ⁽²⁾	
Tervezett üzemidő	
Tervezett teljesítménykihasználási tényező	
Főjavítás miatt tervezett állásidő éves szinten	
Primer körü hurok és főkeringtető szivattyúk (FKSZ) száma	
Gőzfejlesztők száma és elrendezése	
Primer körü nyomás	
Reaktor belépő / kilépő hőmérséklete	
Reaktor hűtőközeg forgalom	
Aktív zóna magassága	
Reaktortartály belső átmérő	
Üzemanyag ciklus hossza	
Egyensúlyi zónába berakott friss üzemanyag átlagdúsítása	
A kirakott üzemanyag átlagos kiégése	
Zóna urántöltet tömege	
Üzemanyag ⁽³⁾ szükséglet (12 hónapos ciklus, 26% átrakási hányad)	
Üzemanyag kazetták teljes száma	
Fűtőelem rudak száma kazettánként	
Szabályozó elemekkel rendelkező kazetták száma a zónában	
Átlagos lineáris teljesítmény az aktív zónában	
Turbogenerátorok száma	
Nagynyomású / kisnyomású turbinafokozatok száma	
Gőzfejlesztő kilépő gőznyomás	
Gőzfejlesztő kilépő gőzhőmérséklet	
Tápvíz hőmérséklet	
Turbina belépő gőzforgalom	
Kondenzátor hűtővíz forgalom (becslés, frissvízes hűtésnél)	
Turbina fordulatszáma (50 Hz hálózathoz)	
Konténment tervezési nyomás	
Konténment tervezési hőmérséklet	
Konténment megengedett maximális szivárgása	
Nagy polgári utasszállító repülőgép rázuhanása ellen védett	
Maximális méretezési földrengés (PGA = Peak Ground Acceleration)	
Kollektív sugárdózis (célérték üzemeltetésre és karbantartásra)	
Zónaolvadás gyakorisága [1/év] ⁽⁶⁾	
Jelentős korai kibocsátás gyakorisága [1/év]	

2. táblázat: A MIR-1200 blokk fő műszaki és biztonsági paraméterei

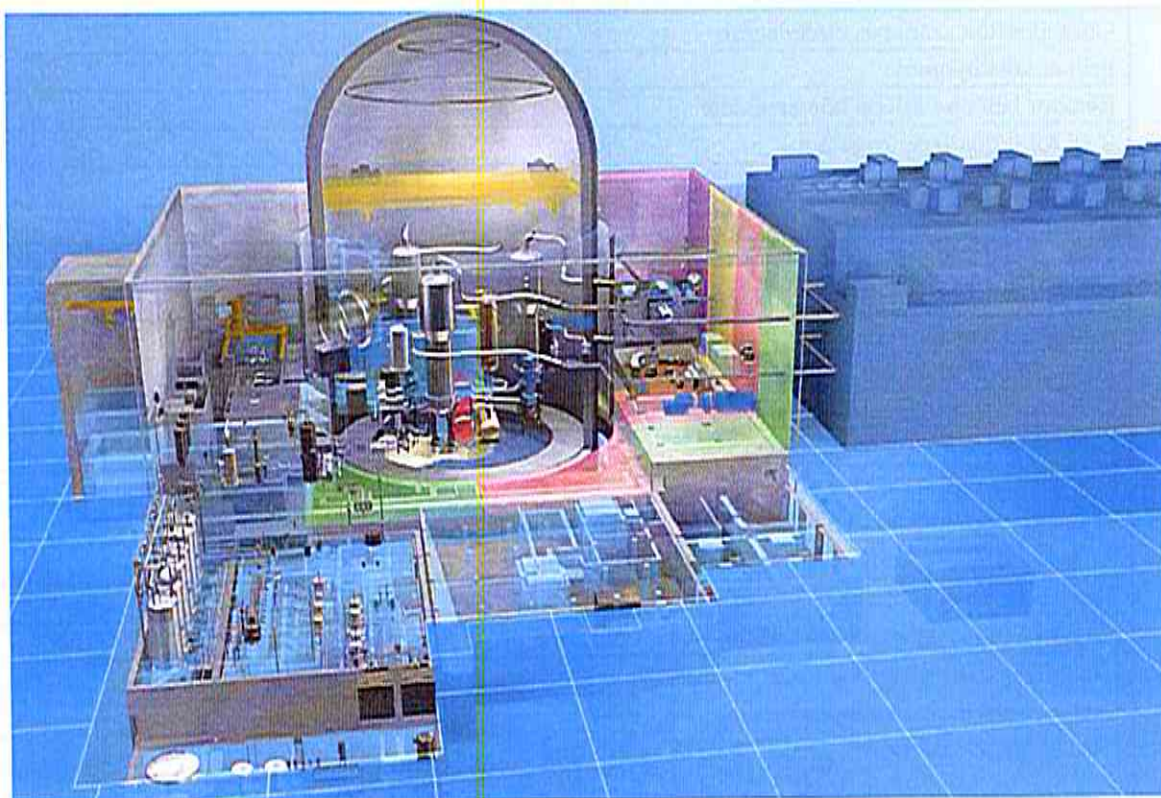
(1)

⁽⁶⁾ Teljesítményüzemre és leállási állapotokra.

4.1.3 ATMEA1

4.1.3.1 Műszaki jellemzők

Az ATMEA1 típus (7. ábra) az AREVA és a Mitsubishi kipróbált nyomottvizes technológiájának továbbfejlesztésével jön létre, a blokk a Mitsubishi háromhurkos nyomottvizes típusán alapul, de számos EPR megoldást is beépítettek.



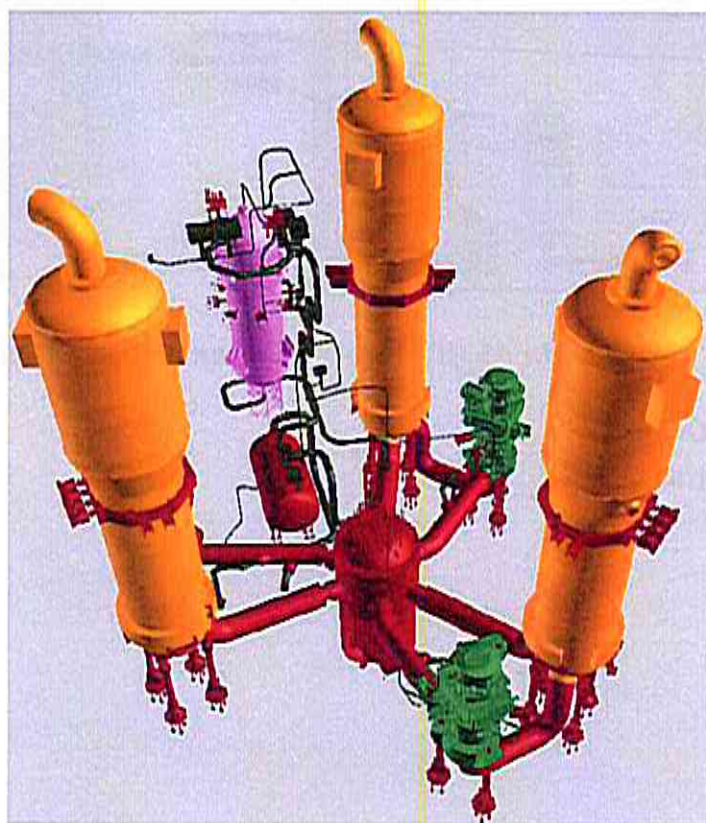
7. ábra: Az ATMEA1 blokk látványterve

Az üzemanyag

A blokk kiadott villamos teljesítménye 30% és 100% között szabályozható, maximum változási sebességgel. A blokk képes automatikus frekvenciaszabályzási üzemmódban működni. [5], [9], [10]

4.1.3.2 Biztonsági jellemzők

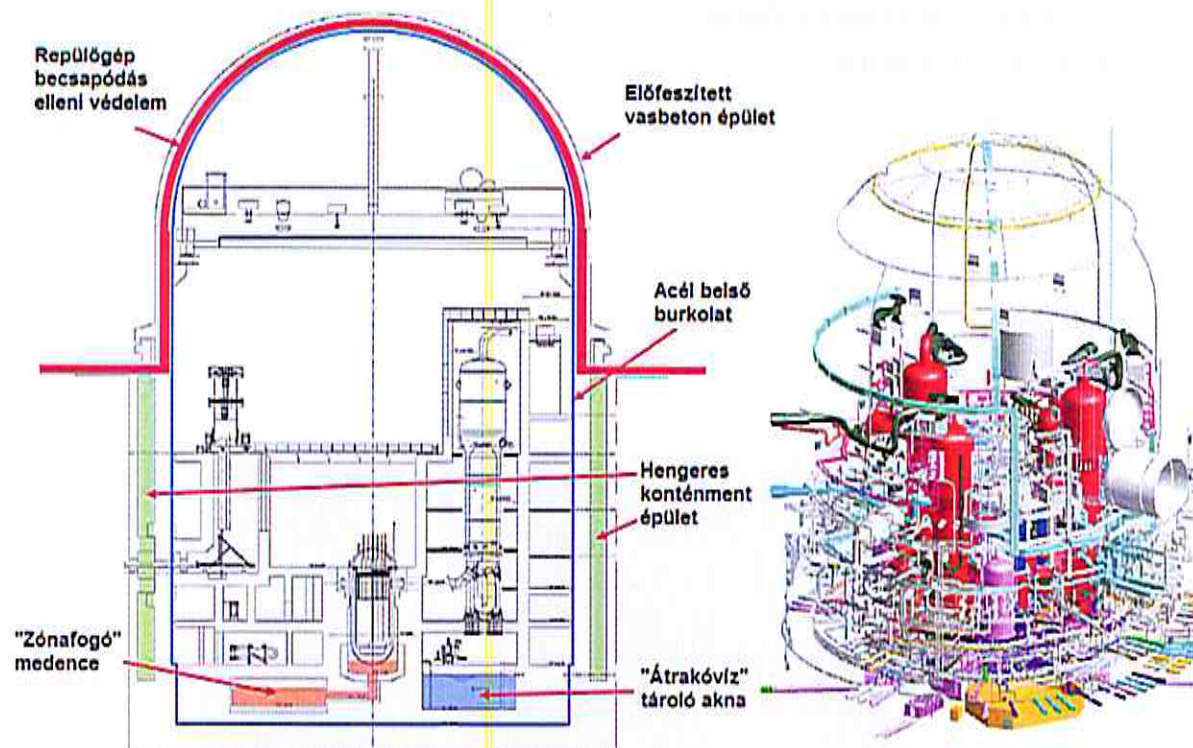
A biztonsági rendszerek



8. ábra: Az ATMEA1 blokk primer köre

A tervek szerint a zónasérülés gyakorisága és az erőmű környezetébe történő jelentős radioaktív kibocsátással járó súlyos balesetek bekövetkezési valószínűsége kb. tízszer kisebb lesz, mint a 2. generációs nyomottvizes blokkok esetében. Emiatt a tervezési üzemzavarok bekövetkezése után nincs szükség még az erőmű közvetlen környezetének kiürítésére sem. A blokk földrengés elleni védelme olyan, hogy telepíthető földrengésveszélyes területeken is. [5]

Az ATMEA1 blokk konténmentjének metszete a 2.4.1.3-3. ábrán látható.



9. ábra: Az ATMEA1 blokk konténmentjének metszete

4.1.3.3 Összegzés

[5] Az ATMEA1 blokk tervei

Blokk jellemző	Érték ⁽¹⁾
Zóna termikus teljesítménye	
Villamos teljesítmény (bruttó)	
Hatásfok (bruttó) ⁽²⁾	
Önfogyasztás	
Villamos teljesítmény (nettó)	
Hatásfok (nettó) ⁽²⁾	

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

Blokk jellemző	Érték ⁽¹⁾
Tervezett üzemidő	
Tervezett teljesítménykihasználási tényező	
Főjavítás miatt tervezett állásidő éves szinten	
Primer körüri hurkok és főkeringtető szivattyúk (FKSZ) száma	
Gőzfejlesztők száma és elrendezése	
Primer körüri nyomás	
Reaktor belépő / kilépő hőmérséklet	
Reaktor hűtőközeg forgalom	
Aktív zóna magassága	
Reaktortartály belső átmérő	
Üzemanyag ciklus hossza	
Egyensúlyi zónába berakott friss üzemanyag átlagdúsítása	
Kirakott üzemanyag átlagos kiégése (ciklus = 18 hónap, MOX = 1/3)	
Zóna urántöltet tömege	
Üzemanyag ⁽³⁾ szükséglet (18 hónapos ciklus, 38% átrakási hányad)	
Üzemanyag kazetták teljes száma	
Fűtőelem rudak száma kazettánként	
Szabályozó elemekkel rendelkező kazetták száma a zónában	
Átlagos lineáris teljesítmény az aktív zónában	
Turbogenerátorok száma	
Nagynyomású / kisnyomású turbinafokozatok száma	
Gőzfejlesztő kilépő gőznyomás	
Gőzfejlesztő kilépő gőzhőmérséklet	
Tápvíz hőmérséklet	
Turbina belépő gőzforgalom	
Turbina fordulatszám (50 Hz hálózathoz)	
Kondenzátor hűtővíz forgalom (becsült érték, frissvizes hűtésnél)	
Konténment tervezési nyomás	
Konténment tervezési hőmérséklet	
Konténment megengedett maximális szivárgása	
Nagy polgári utasszállító repülőgép rázuhanása ellen védett	
Maximális méretezési földrengés (PGA = Peak Ground Acceleration)	
Kollektív sugárdózis (célérték üzemeltetésre és karbantartásra)	
Zónaolvadás gyakorisága [1/év] ⁽⁴⁾	
Jelentős korai kibocsátás gyakorisága [1/év]	

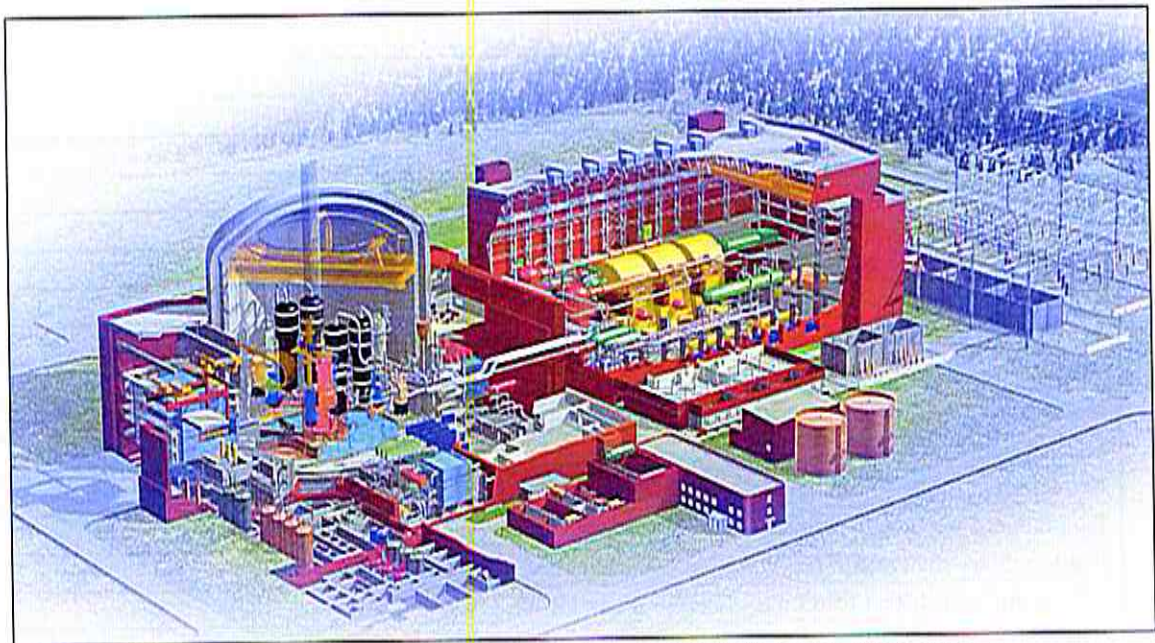
3. táblázat: Az ATMEA1 blokk fő műszaki és biztonsági paraméterei

(1)

4.1.4 EPR – Evolutionary Pressurized Water Reactor

4.1.4.1 Műszaki jellemzők

Az 1600 MW_e teljesítményű EPR (10. ábra) egy olyan 3. generációs reaktor, amely a francia Framatome és a német Siemens-KWU kipróbált nyomottvizes technológiájának továbbfejlesztésével jött létre [11]. Az EPR rövidítés eredetileg a „European Pressurized Water Reactor” nevet takarta, a típus amerikai piacra történő bevezetésekor változtatták meg a blokk nevét „Evolutionary Pressurized Water Reactor”-ra, érthető marketing okok miatt. A blokk üzemanyaga



10. ábra: A finnországi Olkiluoto-ban épülő EPR blokk látványterve

[11] A primer kör (10. ábra) négy hurokból áll, hurkonként egy-egy főkeringtető szivattyúval és gőzfejlesztővel. A korábbi francia és német blokkokhoz képest

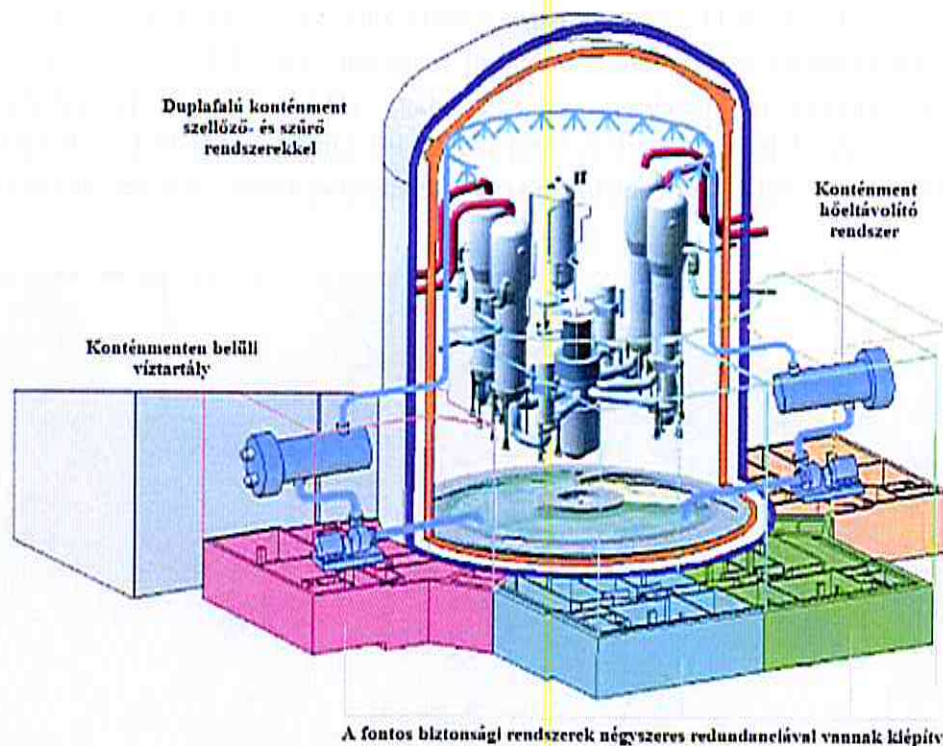
A szekunder kör a német Konvoi blokkok jól bevált és kiváló rendelkezésre állási mutatókkal üzemelő szekunder körének továbbfejlesztésével jött létre. Optimalizálták a gőz-kondenzátum-

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

tápvíz rendszert, a nagy- és kisnyomású turbina fokozatokat, ami a hatásfok jelentős növelését eredményezte.

Az irányítástechnikai berendezések alapját a bevált és széleskörűen alkalmazott (biztonsági besorolású rendszerek) és (nem biztonsági rendszerek) alkotják. Mindkét rendszer digitális alapon működik. A normál üzemi állapotokra a szabályozásokat, védelmeket megvalósító rendszereket kétszeres redundanciával építették ki, ezek egyszeres meghibásodás ellen védettek. A várható üzemi tranziensek levezetése 2–2 redundáns, diverz rendszerrel történik, míg a posztulált üzemzavarok kezeléséhez négy redundáns rendszert használnak. A vészbetáplálást dízelgenerátor biztosítja, ezek külön épületben helyezkednek el. Karbantartás és periodikus tesztek szempontjából az irányítástechnika fontos tulajdonsága, hogy a redundanciával kiépített rendszerek közül az egyik rendszer üzem közben bármikor kivethető karbantartásra vagy javításra.



11. ábra: Az EPR primer köre és biztonsági rendszerei

A blokkot nagyjavításra évenként kell leállítani kb. napra. [11] Egyébként egy egyszerű zónaátrakást

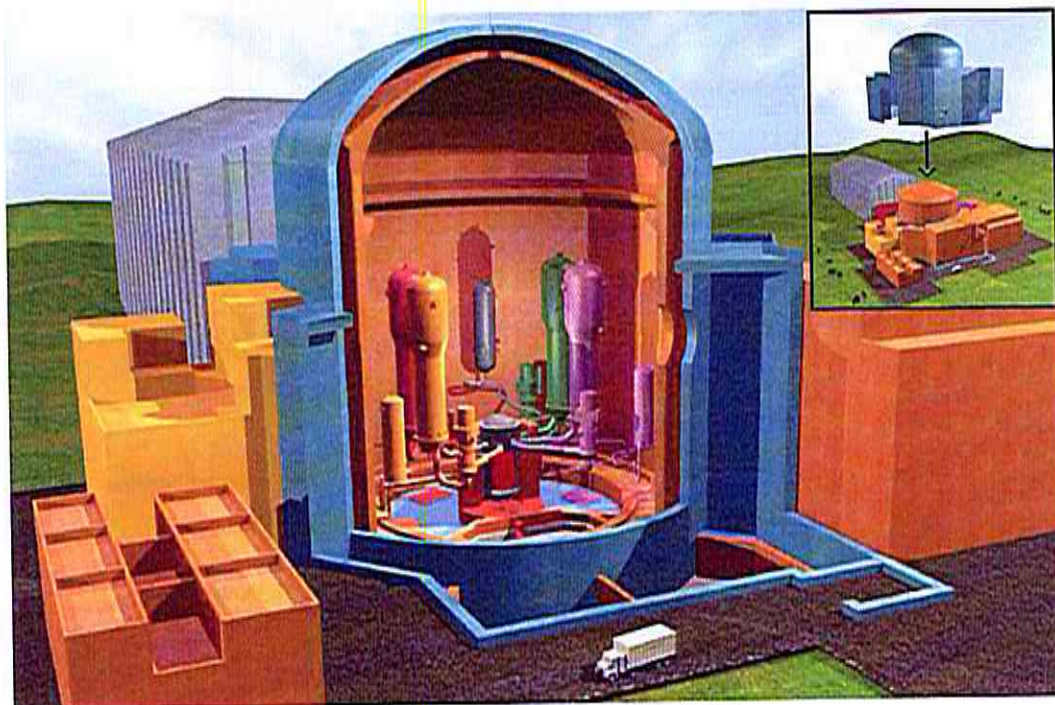
. Az EPR blokk jól manőverezhető a 20%-tól 100%-ig terjedő tartományban: 60% és 100% között az átlagos primer kör hőmérsékletet tartják és a főgőzvezeték nyomása változik, míg 60% alatt a főgőz nyomását

tartják és az átlagos primer körí hőmérséklet változik. Naponta több 100%–25%–100% terheléskövető ciklus is megengedett.

4.1.4.2 Biztonsági jellemzők

A biztonsági befecskendezés párhuzamos, független, fizikailag szeparált alrendszerből áll, az alrendszerek egyenként 100% kapacitással rendelkeznek. Nagynyomású befecskendezés nincs, csak közepes- és kisnyomású befecskendező rendszerek. Az In-containment Refueling Water Storage Tank (IRWST) a reaktorépület alján helyezkedik el, ötvözi a hűtőközeg tárolási és a zsomp funkciókat. A zónaolvadással járó súlyos balesetek kezelését segíti elő egy speciális konstrukció, a zónaolvadék csapda. Ez a szerkezet a reaktortartály alatt helyezkedik el, súlyos baleset esetén szétteríti az átolvadé tartályból kifolyó megolvadt zónát, ezáltal biztosítja az olvadék hűthetőségét. Az IRWST tartályban tárolt víz passzív (gravitációs) úton árasztja el az olvadékot.

A duplafalú konténment (12. ábra) belső fala előfeszített vasbetonból készült, a belső fal vastag acélborítással rendelkezik. A normál vasbeton külső fal a külső események elleni védelmet szolgálja és méretezve van egy nagy utasszállító gép becsapódásából eredő következmények elviselésére is (12. ábra) jobb felső sarkában látható kisebb kép illusztrálja, hogy a külső „héj” milyen terjedelemben védi az épületeket a repülőgép-becsapódás hatásaitól).



12. ábra: Az EPR konténmentjének 3D terve

Súlyos baleseteknél passzív hidrogénkezelést (katalitikus rekombinátorokat) alkalmaznak. [14]
A súlyos balesetek következményeinek csökkentésére szolgál a konténment hűtőrendszere, ez a spray-rendszer a konténment nyomását csökkenti és hosszú távú működésre van tervezve.

4.1.4.3 Összegzés

Az EPR egy kiforrott, biztonságos konstrukciónak tekinthető. A blokk terveit a finn, a francia és a kínai hatóság már engedélyezte, az USA és az Egyesült Királyság hatóságai jelenleg vizsgálják a terveket, a blokk az EUR követelményeknek megfelel.

A nagy beépített kapacitás (1600 MW) miatt a fajlagos beruházási költségek kedvezőek, a rugalmas (tartó) üzemanyagciklus miatt a blokk üzemeltetése gazdaságos. Kedvező a rövid átrakási periódus és a tízévenként esedékes nagyjavítás rövid időtartama is. A biztonsági rendszerek négyszeres redundanciával rendelkeznek, a blokk fontos biztonsági mutatói (zónaolvadási gyakoriság, nagy radioaktív kibocsátások valószínűsége stb.) kiválóak. A magyar hálózat viszonyai között a blokk hátránya a nagy egységteljesítmény. Ha azonban regionális együttműködést feltételezünk a tartalékkapacitások kiépítésére, akkor az EPR blokk versenyképességét nem rontják számottevően a szükséges kiegészítő beruházások. Az EPR fő műszaki és biztonsági paramétereit a 4. táblázat adja meg.

Blokk jellemző	Érték ⁽¹⁾
Zóna termikus teljesítménye	
Villamos teljesítmény (bruttó)	
Önfogyasztás	
Villamos teljesítmény (nettó)	
Hatásfok (nettó) ⁽²⁾	
Tervezett üzemidő	
Tervezett teljesítménykihasználási tényező	
Főjavítás miatt tervezett állásidő éves szinten	
Primer körüri hurkok és főkeringtető szivattyúk (FKSZ) száma	
Gőzfejlesztők száma és elrendezése	
Primer körüri nyomás	
Reaktor belépő / kilépő hőmérséklet	
Reaktor hűtőközeg forgalom	
Aktív zóna magassága	
Reaktortartály belső átmérő	
Üzemanyag ciklus hossza	
Egyensúlyi zónába berakott friss üzemanyag átlagdúsítása	
Kirakott üzemanyag átlagos kiégése (ciklus = 18 hónap, no MOX)	
Zóna urántöltet tömege	
Üzemanyag ⁽³⁾ szükséglet (18 hónapos ciklus, 38% átrakási hányad)	
Üzemanyag kazetták teljes száma	
Fűtőelem rudak száma kazettánként	

Blokk jellemző	Érték ⁽¹⁾
Szabályozó elemekkel rendelkező kazetták száma a zónában	
Átlagos lineáris teljesítmény az aktív zónában	
Turbogenerátorok száma	
Nagynyomású / kisnyomású turbinafokozatok száma	
Gőzfejlesztő kilépő gőznyomás	
Gőzfejlesztő kilépő gőzhőmérséklet	
Tápvíz hőmérséklet	
Turbina belépő gőzforgalom	
Turbina fordulatszám (50 Hz hálózathoz)	
Kondenzátor hűtővíz forgalom (becsült érték, frissvizes hűtésnél)	
Konténment tervezési nyomás	
Konténment tervezési hőmérséklet	
Konténment megengedett maximális szivárgása	
Nagy polgári utasszállító repülőgép rázuhanása ellen védett	
Maximális méretezési földrengés (PGA = Peak Ground Acceleration)	
Kollektív sugárdózis (célérték üzemeltetésre és karbantartásra)	
Zónaolvasás gyakorisága [1/év] ⁽⁴⁾	
Jelentős korai kibocsátás gyakorisága [1/év]	

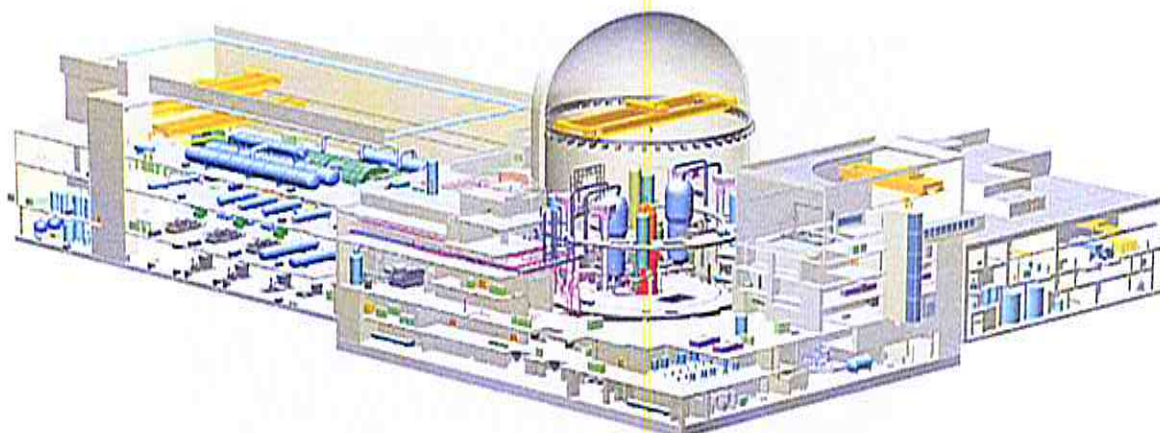
4. táblázat: Az EPR blokk fő műszaki és biztonsági paraméterei

(1)

4.1.5 APR1400 – Advanced Pressurized Reactor

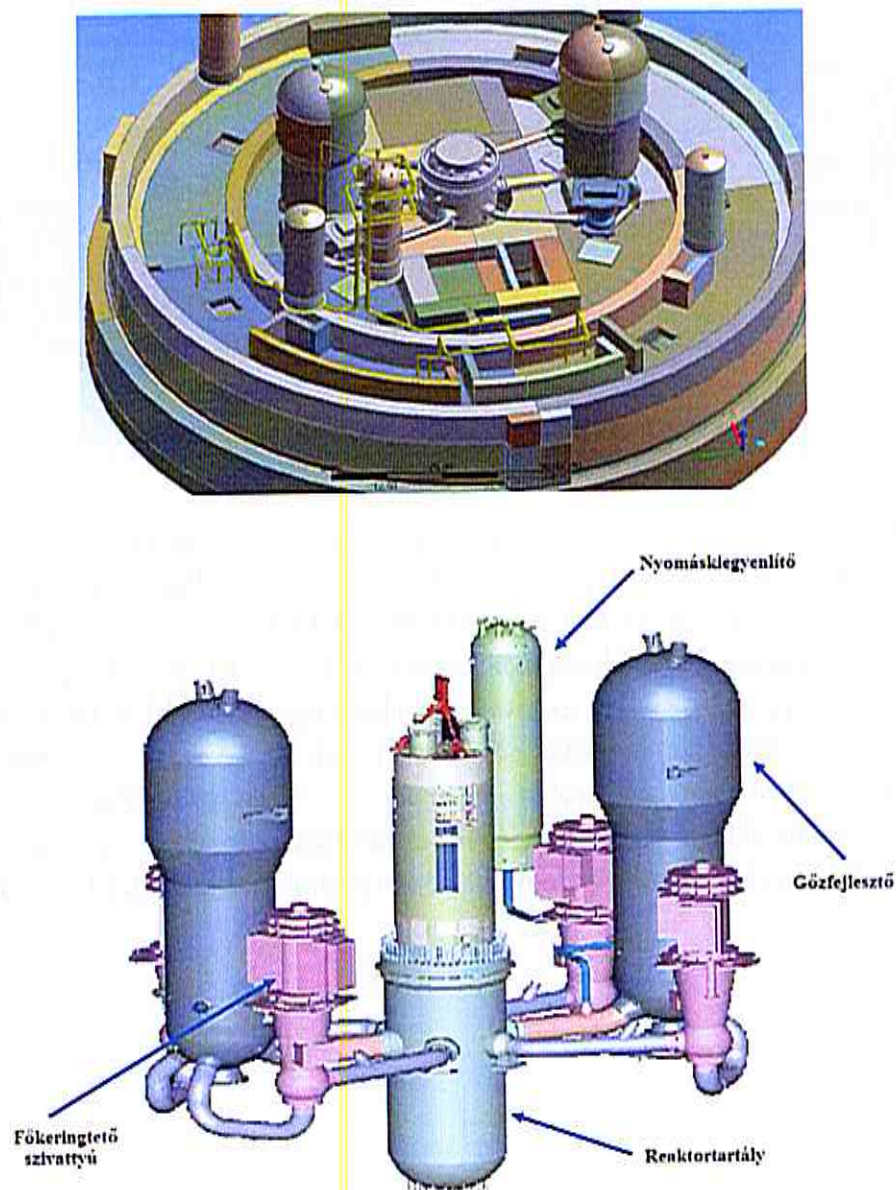
4.1.5.1 Műszaki jellemzők

Az APR1400 (13. ábra) egy 1400 MW villamos teljesítményű, evolúciós reaktor, amelyet a dél-koreai fejlesztett ki az 1000 MW villamos teljesítményű, előző verzió alapján. Mindkét reaktor alapját a Combustion Engineering cég System 80+ nevű blokkja jelenti, ezt eredetileg az 1990-es évek elején az USA-ban dolgozták ki. A nagyszabású dél-koreai fejlesztési program célja egy szabványos, 3. generációs reaktortípus létrehozása volt, amelyből sok példányt építenek majd a Koreai Köztársaságban és külföldön.



13. ábra: Az APR1400 blokk látványterve

Az APR1400 primer köre (13. ábra) nem szokványos [8]: két hurokból áll, egy hurokban egy melegág és két hidegág található, mindkét hidegágban van főkeringtető szivattyú (a konstrukció hasonló a Westinghouse gyártmányú AP1000 blokkéhoz). A melegágak egy-egy igen nagyméretű, függőleges gőzfejlesztőhöz csatlakoznak: a gőzfejlesztők egyenként 2000 MW termikus teljesítményt visznek el, ez jóval meghaladja egy paksi VVER-440 blokk teljes primer körű hőteltjesítményét. Az U alakú gőzfejlesztő csövek anyaga ötvözet, ez hosszú élettartamot biztosít (az összes csőből maximum lehet „ledugózva”). A vízmennyiség a szekunder oldalon akkora, hogy teljes tápvízvesztés esetén legalább perc áll rendelkezésre a gőzfejlesztő teljes kiszáradásáig (ez növeli az üzemzavarok levezetésének hatékonyságát).



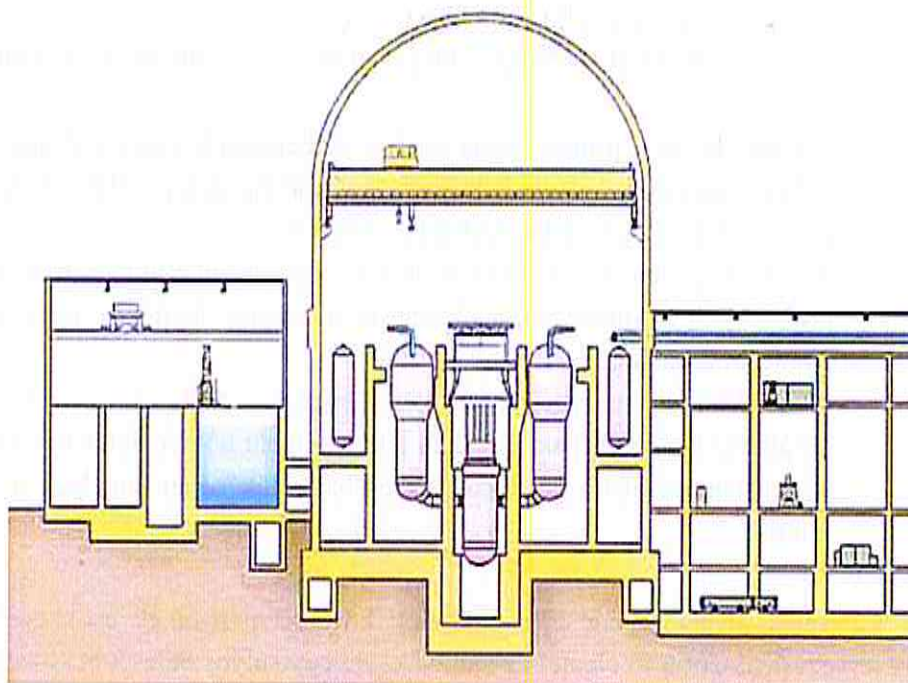
14. ábra: Az APR1400 blokk primerkörének nézetei

A reaktortartály anyaga és gyártása a nyomottvizes erőműveknél széleskörűen alkalmazott, [8] bevált anyagokra és technológiákra épül. A tartály négy, közvetlen befedéskendézést biztosító csöcsenkon át képes vízutánpótlást kapni a konténmenten belül lévő nagyméretű átrakási víztartályból, az IRWST (In-containment Refueling Water Storage Tank) berendezésből. A reaktortartály tervezési élettartama 40 év.

A reaktor aktív zónájában 12 db üzemanyag kazetta van, ezek a reaktortartály tartalmazó szabványos PWR kazettának felelnek meg. Az üzemanyagot a Westinghouse cég készíti, a gyártási folyamathoz dúsított UF_6 gázt szereznek be a világpiacon, az összes többi komponens koreai gyártmányú. Alapesetben az üzemanyag kerámia (kb. 1000 dúsítású UO_2 tabletták), de az

APR1400 zóna neutronfizikai jellemzői olyanok, hogy a szabályozó rendszer átalakítása nélkül a blokk képes olyan töltettel is üzemelni, melynek maximum MOX fűtőelem. A legújabb típus, az ún. kazetta üzemeltetési és üzemanyag hasznosítási jellemzőit jelentős mértékben javították, pl. a kazettaszintű átlagos kiégés maximumát értékre emelték. A kazettákban kiégő mérget (gadolíniumot) tartalmazó üzemanyag pálcák is vannak, hogy a bórsav koncentráció ne legyen túl magas a primer körben. Az üzemanyag ciklus hossza jellemzően , ami további előnyt jelent a fűtőelem hasznosítás terén. A zóna támogatja a napi terheléskövető üzemmód (100%–50%–100%) használatát a teljes kampány során. A szabályozó rendszer emellett kezeli a ugrásszerű terhelésváltozásokat, továbbá a sebességű fel- és leterheléseket. 100%-os üzemben bekövetkezett terhelésledobás esetén a rendszer a blokkot automatikusan a háziüzem szintjére terheli le anélkül, hogy reaktor vészleállás vagy biztonsági rendszer működése bekövetkezne. A szabályozó rendszer 100%-os teljesítményen is „kivédi” a turbina vészleállítását, ilyenkor sincs reaktor vészleállás.

Az APR1400 blokk elsődleges konténmentje az ún. „nagy, száraz konténment” kategóriába tartozik és előfeszített vasbetonból készül (14. ábra). A vasbeton héjszerkezet belső falára egy hermetikusan záró acélborítás illeszkedik. Az elsődleges konténmentet kívülről egy ún. másodlagos konténment szerkezet borítja, ez biztosítja az elsődleges konténment külső veszélyek (pl. repülőgép becsapódása) elleni megfelelő védelmét. A konténmenten belül található a reaktor, a gőzfejlesztők, a primer körű hurkok a nyomáskiegyenlítővel, az IRWST berendezés, továbbá a segédrendszerek egyes részei. A konténment ún. „berendezés zsilip” szerkezete úgy van méretezve, hogy – szükség esetén – lehetővé teszi a gőzfejlesztők cseréjét. [8]



15. ábra: Az APR1400 blokk konténmentjének metszete

Az APR1400 blokkhoz egyetlen nagyteljesítményű turbina tartozik, melynek egy nagynyomású és három kisnyomású fokozata van, fordulatszáma pedig . A turbina bypass rendszerét úgy méretezték, hogy 100%-ról történő generátor terheléslépcső esetén is képes a gőzt elvezetni anélkül, hogy turbina vagy reaktor vészleállás lépne fel. A blokk irányítástechnikája teljesen digitális, amelyet egy számítógépes blokkvezénylőből vezérelnek. A reaktor védelmi rendszerét alakították ki.

4.1.5.2 Biztonsági jellemzők

Az APR1400 aktív és passzív biztonsági rendszereket egyaránt alkalmaz a biztonsági célok elérésének érdekében. Az alapvető biztonsági rendszerek fő jellemzői az alábbiak [4]:

- A biztonsági befecskendező rendszer (ZÜHR) mechanikai berendezései (pl. szivattyúi) négyszeres kiépítésűek, minden egyes ág kapacitása 50% (4×50%-os redundancia).
- A szivattyúkkal hajtott nagynyomású befecskendezés mellett minden ág tartalmaz egy nagyméretű, nyomás alatt lévő tartályt (akkumulátort) is, amely passzív működtetésű.
- A ZÜHR befecskendezés közvetlenül a reaktortartályba (és nem a hurkokba) történik.
- Az akkumulátorokban egy speciális berendezés, az ún. szabályozza a befecskendezési forgalmat. Ha az akkumulátor tartályában magas a vízszint, akkor az nagy forgalmat tesz lehetővé. Ha a szint egy bizonyos érték alá esik, akkor az eszköz által engedett befecskendezési forgalom kisebb, de még elég a remanens hő elviteléhez.
- Kisnyomású ZÜHR rendszer nincs, mert az alkalmazása miatt nincs is rá szükség.
- A tartályba és a primer körbe történő vízbetáplálás rendkívül nagy mennyiségű tartalék hűtőközeggel rendelkezik, ezt a konténmenten belülről helyezett IRWST tartály tárolja (ennek teljes térfogata csaknem).
- A két független ággal működő leállás alatti hőeltávolító rendszer funkciója a primer kör hőmérséklet csökkentése a reaktor leállítása után, a primer kör lehűtési fázisában.
- A konténment spray rendszer két független ágból áll, szivattyúi az IRWST tartályhoz kapcsolódnak. Feladata a konténment hőmérsékletének és nyomásának a csökkentése olyan üzemzavarok és balesetek során, amelyek a konténmentet érintik.

A súlyos balesetek megelőzésére és a balesetek következményeinek csökkentésére használt APR1400 tervezési filozófia fő elemei az alábbiak. Ha egy súlyos baleset bekövetkezik, akkor a közvetlen cél a primer kör nyomáscsökkentése, ezután a maradványhőt a konténment spray rendszerrel távolítják el. A megolvadt zónát a tartályon belül igyekeznek tartani a tartály külső

hűtésével, a keletkezett hidrogént rekombinátorokkal kötik meg. A súlyos balesetek kezelésére alkalmazott legfontosabb tervezési megoldások az alábbiak:

- A konténment légtere olyan nagy, hogy egy hipotetikus súlyos baleset bekövetkezése után a nyomás a korlátok alatt marad és a hidrogén koncentrációja sehol sem éri el a veszélyes értéket.
- A jelentős zónakárosodással járó balesetekben keletkező hidrogént passzív autokatalitikus rekombinátorokkal kezelik. Kiegészítésként hidrogéngyújtókat alkalmaznak.
- Az APR1400 eredeti tervezési koncepciója szerint a megolvadt zónát a tartályon belül kell tartani, ehhez a tartály külső falát intenzíven hűtik a reaktoraknába vezetett vízzel. Az európai létesítésekhez egy olyan EU-APR1400 verziót dolgoztak ki, amely zónaolvadék-csapdát is tartalmaz. A csapdát a reaktorakna legalsó részén alakították ki, ebbe a kamrába kerül a megolvadt zóna, ha a tartály külső hűtésével nem sikerül a tartályban tartani. A zónaolvadék hűtésére és stabilizálására a „reaktorakna elárasztó rendszer” szolgál.

4.1.5.3 Összegzés

Az APR1400 egy olyan evolúciós típusnak tekinthető, amelyet kipróbált technológiákra építve fokozatosan alakítottak ki a dél-koreai konstruktőrök. A blokk terveit a dél-koreai nukleáris hatóság engedélyezte, jelenleg folyik az NRC típusengedély megszerzéséhez szükséges beadvány előkészítése (minősítéssel a blokk nem rendelkezik). A relatíve nagy beépített kapacitás (1400 MW) miatt a fajlagos beruházási költségek kedvezőek, a hónapos üzemanyageiklus miatt a blokk üzemeltetése gazdaságos. A blokk biztonsági mutatói jók, a súlyos balesetek megelőzésére és következményeik csökkentésére az összes nemzetközileg elfogadott megoldást alkalmazzák. A magyar hálózat viszonyai között a blokk hátránya a nagy egységteljesítmény, de regionális együttműködést feltételezve az EPR blokknál elmondottak itt is érvényesek. Az APR1400 fő műszaki és biztonsági paramétereit a 5. táblázat adja meg.

Blokk jellemző	Érték ⁽¹⁾
Zóna termikus teljesítménye	
Villamos teljesítmény (bruttó)	
Hatásfok (bruttó) ⁽²⁾	
Önfogyasztás	
Villamos teljesítmény (nettó)	
Hatásfok (nettó) ⁽²⁾	
Tervezett üzemidő	
Tervezett teljesítménykihasználási tényező	
Főjavítás miatt tervezett állásidő éves szinten	
Primer körüri hurkok és főkeringtető szivattyúk (FKSZ) száma	

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

Blokk jellemző	Érték ⁽¹⁾
Gőzfejlesztők száma és elrendezése	
Primer környomás	
Reaktor belépő / kilépő hőmérséklet	
Reaktor hűtőközeg forgalom	
Aktív zóna magassága	
Reaktortartály belső átmérő	
Üzemanyag ciklus hossza	
Egyensúlyi zónába berakott friss üzemanyag átlagdúsítása	
Kirakott üzemanyag átlagos kiégése (ciklus = 18 hónap, no MOX)	
Zóna urántöltet tömege	
Üzemanyag ⁽³⁾ szükséglet (18 hónapos ciklus, 38% átrakási hányad)	
Üzemanyag kazetták teljes száma	
Fűtőelem rudak száma kazettánként (16x16-os kazetta)	
Szabályozó elemekkel rendelkező kazetták száma a zónában	
Átlagos lineáris teljesítmény az aktív zónában	
Turbogenerátorok száma	
Nagynyomású / kisnyomású turbinafokozatok száma	
Gőzfejlesztő kilépő gőznyomás	
Gőzfejlesztő kilépő gőzhőmérséklet	
Tápvíz hőmérséklet	
Turbína belépő gőzforgalom	
Turbína fordulatszám (60 Hz hálózathoz)	
Kondenzátor hűtővíz forgalom (becsült érték, frissvízes hűtésnél)	
Konténment tervezési nyomás	
Konténment tervezési hőmérséklet	
Konténment megengedett maximális szivárgása	
Nagy polgári utasszállító repülőgép rázuhanása ellen védett	
Maximális méretezési földrengés (PGA = Peak Ground Acceleration)	
Kollektív sugárdózis (célérték üzemeltetésre és karbantartásra)	
Zónaolvadás gyakorisága [1/év] ⁽⁴⁾	
Jelentős korai kibocsátás gyakorisága [1/év]	

5. táblázat: Az APR1400 blokk fő műszaki és biztonsági paraméterei

(1)

4.2. A számításba vett blokk típusok nemzetközi referenciáinak bemutatása

4.2.1 AP1000 (Westinghouse)

Jelenleg Kínában már folyik három AP1000 blokk építése (Sanmen 1–2., Haiyang 2.), ezeket 2013 és 2014 között tervezik átadni. Várhatóan az USA-ban is megindul az AP1000 típusú blokkok létesítése, jelenleg már két telephelyen folynak építési előkészületek (Georgia, Vogtle Erőmű), de az előrejelzések szerint 6 telephelyen összesen 12 db AP1000 blokk létesítésére

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

fognak kérelmet benyújtani. A kínai blokkokat 5–6 év alatt tervezik felépíteni, a referencia AP1000 a tervezők szerint 5 év alatt építhető meg.



**16. ÁBRA: A HARMADIK
KONTÉNMENT GYŰRŰ BEEMELÉSE
SANMEN 1. TELEPHELYEN**



17. ÁBRA: HAIYANG 2. ÉPÍTÉSE

4.2.2 AES-2006 (MIR-1200) (Atomstroyexport)

Két-két AES-2006 típusú blokk (nemzetközi piacra szánt verziója a MIR-1200) építése van folyamatban Oroszországban a Leningrádi Atomerőműben (Szosznovij Bor), valamint a Novovoronyezsi atomerőműben. Oroszországban az AES-2006 blokk típussal tervezik a nukleáris kapacitás jelentős bővítését: a tervek szerint 2020-ig 20 000 MW_e kapacitást (17 db blokkot) építenek.



18. ábra: Az épülő erőművi blokk Szosznovij Borban

4.2.3 ATMEA1 (AREVA-Mitsubishi)

Az ATMEA blokk műszaki tervei 2009 végére készültek el, ezután az engedélyezéshez szükséges előmunkálatok indultak el. A blokk engedélyezésével és EUR megfelelőségének igazolásával valószínűleg nem lesznek nehézségek, mivel a terveket eleve az EUR szerint készítették, az NRC előírások messzemenő figyelembevételével.

Az AREVA-MHI közös vállalat résztvevői nagy létesítési tapasztalattal rendelkeznek, együttesen idáig 123 atomerőmű blokkot építettek, gyártási kapacitásuk is jelentős, világszerte 12 helyszínen képesek nukleáris berendezések előállítására.

4.2.4 EPR (AREVA)

Jelenleg Európában két EPR blokk létesítése folyik: az elsőt a finn Olkiluoto [12], a másodikat a francia Flamanville telephelyen építik [13]. Az OL-3 blokkot 2005-ben kezdték el építeni, a mai tervek szerint 2012-ben kapcsolódik a hálózatra. A normandiai Flamanville-3 blokk építése 2006 nyarán kezdődött és várhatóan 2014-ben fog befejeződni. Az AREVA szerződéssel rendelkezik két kínai EPR blokk létesítésére is (Taishan 1., Taishan 2.), ezek már szintén épülnek és a tervek szerint ezek a blokkok 2013-ban és 2014-ben kapcsolódnak a hálózatra.



19. ÁBRA: FLAMANVILLE-3 ÉPÍTÉSE



20. ÁBRA: TAISHAN 1-2. ÉPÍTÉSI
MUNKÁI

4.2.5 APR1400 (Korean Hydro and Nuclear Power)

Jelenleg Dél-Koreában két telephelyen (Shin-Kori és Shin-Ulchin) összesen négy APR1400 blokk épül, az Egyesült Arab Emírségek szintén négy blokk létesítésére kötött szerződést 2009 végén a dél-koreai KEPCO cég által vezetett konzorciummal.



**21. ÁBRA: MUNKA A KONTÉNMENT ÉPÜLETBEN
A SHIN-KORI 3. BLOKKON**

**22. ÁBRA: A SHIN-KORI ERŐMŰ
ÉPÍTÉSI MUNKÁI**

4.3. A számításba vett blokk típusok építésére jellemző adatok ismertetése

4.3.1 Az építendő létesítmények területfoglalása

Az új atomerőművi blokkok tervezett telephelyének területe Pakson mintegy ha, mely a tervek szerint hektárnyi részt foglal el a Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemi területéből és hektárnyit az ún. felvonulási területből. Az egyes vizsgált blokk típusok épületeinek, építményeinek, illetve egyéb létesítményeinek a szállítói adatszolgáltatásokban megadott területigényét a 6. táblázat foglalja össze. [8]

Blokk típus	Jellemző területigény	Két blokk területigénye
AP1000		
MIR.1200		
ATMEA1		
EPR		
APR1400		

6. táblázat: Az egyes blokk típusok területfoglalása

4.3.2 Az építési munkák időtartama

Az építési tevékenység szállítók által megadott várható időtartamát blokk típusonként a 7. táblázat tartalmazza.

Blokk típus	A megadott építési fázisok
AP1000	
MIR.1200	
ATMEA1	
EPR	
APR1400	

7. táblázat: Az építési munkák időtartama az egyes blokk típusokra vonatkozóan

5. Az építés-szerelés, üzembe helyezés és üzemeltetés munkaerőigénye

5.1. Építés-szerelés

5.1.1 A telephely előkészítése

A telephely engedély megszerzését követően kerülhet sor a telephely-előkészítési tevékenységek végrehajtására. Ezek magukban foglalják a szárazföldi és vízi megközelítési útvonalak kialakítását, a berendezések tárolásához szükséges szabadtéri és fedett tárolók kialakítását, a telephely körbekerítését, a létesítéshez szükséges segédenergiák (villamos energia, víz, sűrített levegő stb.) biztosítását, a kiegészítő szolgáltatások és létesítmények (irodaépületek, szállások, elsősegély, kórház, üzemi étkeзде, parkolóhely stb.) létesítését.

A telephelyi infrastruktúra egy részét kis és közepes méretű műhelyek alkotják, amelyekre bizonyos helyszíni gyártási munkák és szerkezeti elemek elkészítéséhez van szükség. Ha ezek a létesítmények nem épülnek meg időben, lehetőleg a létesítési fázis legkorábbi szakaszában, akkor azok hiánya késleltetheti a projekt előrehaladását.

5.1.2 Az új blokkok építési folyamata

A létesítési, építési folyamat azt az időszakot jelenti, amely közvetlenül az új blokkok beszerzésére, létesítésére, építésére, szerelésére vonatkozó szerződések létrejöttét követően az erőmű üzembe helyezési fázisáig és a kereskedelmi üzem kezdetéig terjed.

Az erőmű létesítési, építési fázisa során végzett főbb tevékenységek a projekttervezés, projektirányítás, erőmű biztonsági koncepciók kidolgozása, berendezések beszerzése, építés, szerelés és telepítés.

5.1.3 Építési, szerelési munkák

Az erőmű épületeihez kapcsolódó építési, szerelési és telepítési munkákhoz egy vagy több megfelelően felkészült építészeti tervező vagy kivitelező cégre lesz szükség. A létesítési időszak csúcspontján legalább kb. 3000 - 5000 (egy, illetve két blokk létesítése esetén) szakképzett és tapasztalt dolgozóra lesz szükség a telephelyen. A munkák irányításához erőskezü és tapasztalt telephelyvezetőt kell kiválasztani és egy hatékony telephelyi szervezetet kell felállítani. Ez lényeges a létesítési munkák sikeréhez. A telephelyi munkák és a telephelyi infrastruktúra vonatkozásában jelentős előkészületekre van szükség (felvonulási irodák és műhelyek, ideiglenes és végleges utak, betonkészítő üzem, ideiglenes felvonulási villamos hálózat, világítás, víz/sűrített levegő hálózat, egészségügyi kellékek, tűzoltási hálózat stb.) még az első (rendszerint a reaktorépület alapzataként definiált) szerkezeti beton kiöntése előtt.

A rendszerelemek és berendezések telepítését, beszerelését jól képzett technikusoknak és szakmunkásoknak kell végezniük, tapasztalt szakértők felügyelete mellett. [2-2]

5.2. Üzembe helyezés

Az üzembe helyezés az üzemi és biztonsági berendezések és rendszerek teljes körű kipróbálása és beüzemelése a beépítés helyén. Ennek során meg kell győződni minden egyes egyedi berendezés, részrendszer, segédrendszer és fő energetikai rendszer üzembiztos, hibátlan működéséről és valamennyi alkalmazandó műszaki, biztonságtechnikai, környezetvédelmi és atomerőműi előírásnak való megfeleléséről. [2]

Az ellenőrzésnek ki kell terjednie minden üzemi és üzemzavari állapotra és eseményre, illetve a feltételezhető műszaki, nukleáris vagy természeti katasztrófa következményei elhárításának képességére. Minden műveletet, beállítást, próbaeredményt – részletes adatokat tartalmazóan – dokumentálni kell. Az üzembe helyezés fázisai:

- Az üzembe helyezés megtervezése: Minden műveletre, szervezeti és szervezési intézkedésre részletesen kidolgozott, egyeztetett, jóváhagyott műveleti és üzembe helyezési tervet kell készíteni, az üzembe helyezést ezek alapján kell lefolytatni.
- Az üzembe helyezést megelőző tevékenységek ellenőrzése: Az üzembe helyezés megkezdése előtt meg kell győződni minden tervezési, gyártási, szerelési tevékenység atomerőműi alkalmasságáról, beleértve a hatósági követelményeknek és a szerződéseknek való megfelelést is.
- Egyedi próbák, hidegpróbák: Valamennyi egyedi berendezés megfelelő működéséről és a várható technológiai igényeknek való megfelelésről tételes próbával, művelettel és üzembevetéssel kell meggyőződni.
- Üzemi próbák, melegpróbák: Minden segéd- és részrendszerre, biztonsági rendszerre, majd fokozatokban a fő energiatermelő egységekre gondosan megtervezett és egymásra épülő lépések sorozatával kell eljutni az energiatermelés végső üzemállapotáig. Ennek során el kell végezni azon műveleteket is, melyek nem azonosak a végső állapottal, azonban a műveletek biztonságos egymás utáni elvégezhetőségéhez szükségesek.
- Próbaüzem: A próbaüzem az üzemszerű, végleges állapotnak megfelelő működés tartós ellenőrzése, fokozott emberi felügyelet mellett. Célja annak bizonyítása, hogy az üzemi állapotokat és üzemmódokat a rendszerek és berendezések hibátlanul, biztonságosan ellátják, és a kezelő személyzet képzettsége és alkalmassága megfelelő a tartós üzemeltetéshez.

Az üzembe helyezés munka és időigénye nyomottvizes atomerőművek esetében:

- Nyomottvizes nukleáris technológiát használ az EPR, APR, ATMEA, az AP sorozat és a VVER típusú atomerőműi blokkok.
- Ez az öt rendszer azonos reaktorfizikai elvek alapján működik, a különbözőséget a technológia és a biztonságtechnika eltérő megoldásai jelentik.

- Az AP1000 blokk előnye, hogy az egyedi berendezések darabszáma kb. az referencia blokkokon alkalmazottaknak. Ez az egyedi próbák időtartamát közel ilyen időtartamban lerövidíti.
- A VVER-1200 típus paksi üzembe helyezésének előnye, hogy az a jelenleg üzemelő VVER-440 blokk továbbfejlesztett változata. A kezelők betanításának időszaka rövidebb lehet, az üzembe helyezés gördülékenyebben megy gyakorlott operátori szakszeméllyel.
- Szervezeti, szerződéses-technikai különbségek: EPC szállító, illetve a két- vagy sokcsomagos megoldás között üzembe helyezés szempontjából jelentős különbség van a technikai kapcsolódások korrekt ellenőrzése és biztonságos próbája terén. Több szállító esetén az együttes ellenőrzések, teljes körű próbák akár többszöri ismétlést, nehezebben bonyolítható szervezési feladatot, így többletmunkát és többlet-időt igényelnek.

5.3. Üzemeltetés

Az üzemeltetési fázis akkor kezdődik, amikor az erőmű a kereskedelmi üzemelést megkezdí, és gyakorlatilag az üzemeltetési engedélyben rögzített – illetve az esetleges üzemidő-hosszabbítás nyomán megnövelt – időtartam lejártát követő, vagy korábbi döntés nyomán megszülető, az erőmű leszerelésére vonatkozó döntésig tart. [2]

Ez a fázis az erőmű biztonságos és megbízható üzemeltetését és élettartam gazdálkodását eredményező teljesítményorientált tevékenységekként írható le, amely magában foglalja például a műszaki üzemeltetői / karbantartói és a gazdasági / adminisztrációs háttér biztosítását, a karbantartás irányítását, a beszerzés-irányítást, a hulladékkezelést, a balesetelhárítást, a lakossági tájékoztatást stb.

Az üzemeltetési fázis teljes munkaerőigényét elsősorban nem az erőmű teljesítménye határozza meg, hanem alapvetően attól függ, hogy az olyan tevékenységeket, mint a megelőző karbantartást és a tervezett leállást milyen koncepció szerint hajtják végre: *külső vállalkozó cég(ek) alkalmazása, vagy saját erőből történő karbantartás-kivitelezés.*

Több atomerőművel rendelkező ország esetén az első változat az alaptevékenységen kívüli feladatok kiszervezésével a létrejövő verseny következtében számottevő előnyt jelenthet adott atomerőmű esetén, míg egyetlen atomerőművel rendelkező ország – Magyarország – esetén gyakorlatilag csak a második lehetőség áll fenn.

Útmutatóként és alapelvként elmondható, hogy az átlagos munkaerőigény a következőképpen definiálható: az erőmű bruttó kapacitását figyelembe véve – felső becslésként – egy megawatt villamos teljesítményhez dolgozóra van szükség. Ez az átlagszám jelentős mértékben változik az üzemeltető tapasztalatától függően, illetve ha ugyanazon a telephelyen egynél több erőművi blokk található. Az egy MWe egységre jutó dolgozók számát mutató átlagérték nem lineáris és az erőmű bruttó kapacitásának növekedésével csökken, illetve jelentősen befolyásolják a helyi munkavégzési gyakorlatok – Paks esetében többek között a gyakorló

központ megléte – és az alvállalkozó foglalkoztatási lehetőségek. Tendenciáját tekintve korszerű 1000 MWe kapacitású blokk esetén a fajlagos fő/MW; 1600 MWe blokk esetén fő/MW az irányadó érték.

5.3.1 Az üzemeltetéshez szükséges létszám

Az alábbiakban bemutatjuk az atomerőmű üzemeltetéséhez szükséges tevékenységi köröket.

A bemutatott szakmajegyzéket a NAÜ (Nuclear Energy Series) készítette 67 működő észak-amerikai és nyugat-európai atomerőműveket vizsgálva az üzemviteli személyzet létszámát és összetételét illetően. A elemezett létesítmények eltéréseket mutattak tulajdonosi viszonyaikban, korukban és párhuzamosan üzemeltett egységeik számában. Ennek ellenére az adatok nem mutattak jelentős eltéréseket, ami azt jelenti, hogy megállapítható egy középérték.

A táblázat egy blokki és egy telephelyen működő 2 blokki adatokat tartalmaz. A tevékenységek magyarázatát lásd az 5.3.2 pontban.

NAÜ hangsúlyozza, hogy a közlések elsősorban tájékoztató jellegűek, nem irányadók.[16]

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

Személyzet			
	Atomerőműi munkatevékenység	1 blokk	2 blokk
1.	Adminisztráció/ügyvitel	25	42
2.	Sugárvédelem	4	4
3.	Pénzügy/számvitel	7	9
4.	Vegyészet	17	26
5.	Kommunikáció	2	2
6.	Számítástechnika	3	4
7.	Szerződések	1	3
8.	Radioaktív hulladékkezelés	11	12
9.	Tervezés/szerkesztés	5	7
10.	Dokumentáció/iratkezelés	11	12
11.	Balesetelhárítás	5	5
12.	Környezetvédelem	3	3
13.	Kültéri létesítmények szolgáltatás	21	27
14.	Tűzvédelem	1	2
15.	Sugáregészségügyi szolgálat	17	28
16.	Sugáregészségügyi támogatás	8	10
17.	Emberi erőforrás gazdálkodás	4	4
18.	Információ menedzsment	13	14
19.	Engedélyezés/Hatósági ügyek irányítása	7	9
20.	Karbantartás/létesítés	119	186
21.	Karbantartás/létesítés támogatás	22	39
22.	Menedzsment	30	35
23.	Menedzsment-támogatás	2	2
24.	Anyaggazdálkodás	3	4
25.	Átalakítási mérnökség	22	33
26.	Nukleáris üzemanyag-kezelés	4	7
27.	Nukleáris biztonsági felügyelet	6	6
28.	Üzemvitel	74	122
29.	Üzemvitel támogatása	20	20
30.	Leállítás (karbantartás) irányítás	5	7
31.	Erőműi mérnökség	33	47
32.	Beszerezési mérnökség	5	6
33.	Projektirányítás	7	11
34.	Beszerezés	4	7
35.	Minőségbiztosítás	8	11
36.	Minőség-ellenőrzés/roncsolásmentes anyagvizsgálat	7	7
37.	Reaktor mérnökség	4	5
38.	Munkavédelem/Foglalkozás-egészségügy	2	3
39.	Ütemtervezés	11	15
40.	Biztonság- és vagyonvédelem	119	128
41.	Műszaki mérnökség	19	31
42.	Képzés	32	43
43.	Raktározás	9	14
	Összesen:	732	1012

8. táblázat: Atomerőmű üzemeltetői személyzet tevékenységek szerint

5.3.2 Az üzemeltetéshez szükséges tevékenységi körök meghatározásai

A közölt felsorolás a NAÜ-jelentés [16] tevékenység-jegyzékének egyenkénti magyarázatát tartalmazza. Ennek célja, hogy az olvasó pontosan megértse a szakterület feladatát, ezáltal segítséget nyújtson egy esetleges összehasonlításához, vagy tervezéshez. NAÜ hangsúlyozza, nem célja a szakma definiálása.

1. Adminisztráció/ügyvitel

Tartalmazza az összes titkársági, ügyintézői és irodai munkavállalói állományt. Ide tartoznak az adminisztratív asszisztensek, akik támogató funkciót látnak el, de nem szakemberek az adott területen. Szintén ide kell sorolni az adminisztratív támogató funkciót ellátó munkavállalókat, mint pl. konferencia-szervezés, grafikai munkák és nem-műszaki adatok elemzése, továbbá az állományt felügyelő személyzet is ide tartozik. Ez a csoport tartalmazza azokat is, akik a telephely szintű adminisztratív eljárásokban részt vesznek.

2. Sugárvédelem

Tartalmazza azokat a munkavállalókat, akik a személyi sugárvédelem tervezésében és ellenőrzésében vesznek részt. Az ALARA-elvnek megfelelően, a sugárvédelemnek törekednie kell az atomerőmű területén tartózkodó személyek és a lakosság sugárterhelésének ésszerűen elérhető legalacsonyabb szinten tartására a normál üzem, várható üzemi események és tervezési üzemzavarok során, és a tervezési alap ki terjesztésének keretein belül. Ide tartoznak még azok, akik a dozimetriai számításokat készítik és kiértékelik. Tartalmazza még a dozimetriai engedélyek felügyeletével foglalkozó személyzetet.

3. Pénzügy/számvitel

Felelős a vállalati szintű pénzügyi és számviteli rendszer működtetéséért. Begyűjti a bemenő adatokat, közreadja a pénzügyi és számviteli adatokat. Felügyeli a költségvetés elkészítését és biztosítja a folyamatos számviteli jelentéseket a vezetőség felé. Elkészíti a vállalati szintű üzleti tervet és kapcsolatot tart a tulajdonosokkal.

4. Vegyészet

Tartalmazza a vegyész szakembereket, akik vegyi/radiokémiai elemzéseket végeznek, a vegyész programok végrehajtását koordinálják, értékelik, útmutatókat készítenek a vegyész szabványokhoz. Kezelik és megoldják a felmerült vegyészeti problémákat. Tartalmazza még a folyékony radioaktív hulladék kezelésével foglalkozó személyzetet.

5. Kommunikáció

Média-képviselők, belső kommunikációért felelős munkavállalók. Ide tartoznak az erőművet a látogatóknak bemutató (idegenvezető) és a közönség-kapcsolattal, helyi (lakossági) tájékoztatással foglalkozók, a látogató-központ munkatársai is.

6. Számítástechnika

Felelősök az erőművi folyamat-számítógépekkel kapcsolatos hardver-szoftver fejlesztésekért, a sugárzásellenőrző- és egyéb üzemi, vagy támogató funkciót ellátó számítógépek és rendszerek üzeméért.

Ide tartozik a gyakorló szimulátornál hasonló feladatokat ellátó személyzet is.

7. Szerződések

Koordinálja az ajánlatok kiírását, odaítélését. Figyelemmel kíséri a szerződések teljesítését. Megoldja a helyszíni problémákat, ellenőrzi, irányítja a szerződések változását és a kapcsolódó igényeket. Koordinálja az adminisztrációt és a szerződéses feltételek végrehajtását, úgymint; bónusz, kötbér és többletköltség miatti intézkedések.

8. Radioaktív hulladékkezelés

Magába foglalja a blokkon belüli dekontaminálást és tisztítást végrehajtó személyeket, és azokat, akik felelősek a száraz radioaktív hulladékok kezelését és a dekontaminált anyagok csomagolását, szállítását végző rendszerek üzeméért.

9. Tervezés/szerkesztés

Hagyományos és számítógéppel támogatott tervezést és egyéb mérnöki tevékenységet végez. Kezeli a csővezetéki, irányítástechnikai és villamos sémákat, diagramokat, izometriákat. Egyszerűbb számításokat végez.

10. Dokumentáció/iratkezelés

Iratok, rajzok fogadása, készítése, nyilvántartása. A dokumentációk egyéb szempontok szerinti feldolgozása, kezelése, szétszortása a területen. Koordinálja a dokumentálás folyamatát, iratkezelést. Az irodai személyzet iratkezelési feladatai is ide tartoznak, nem az ügyvitelhez.

11. Balesetelhárítás

Balesetelhárítási program fejlesztése, bevezetése, fenntartása. Balesetelhárítási gyakorlatok résztvevőinek képzése, oktatása. Felelős a balesetelhárítási eszközökért, létesítményekért, beleértve a Védett Vezetési Pontot (emergency operations facility, EOF) és a Műszaki Támogató Központot (tactical support centre, TSC). A jogszabályokra fókuszál a helyi és állami balesetelhárítási ügyekben.

12. Környezetvédelem

Magába foglalja azokat a személyeket, akik felelősek a nem-sugárvédelmi ellenőrző programokért és a kapcsolódó követelményekért, mint környezetvédelmi engedélyek, vizsgálatok és termikus ellenőrzések.

13. Kültéri létesítmények szolgáltatás

Magába foglalja azokat az irányító és végrehajtó személyeket, akik tervszerű megelőző karbantartást, javítást végeznek a nem blokkhoz tartozó (udvartéri) épületeken, berendezéseken, rendszereken és rendszerelemeken (alállomásokon nem beleértve). Szintén ide tartoznak azok a személyek, akik felelősek az általános udvartéri munkákért, telefon rendszerek és járművek karbantartásáért.

14. Tűzvédelem

Kezeli a tűzvédelmi programot, beleértve a felügyeletet. Felelős a tűzvédelmi program vizsgálatáért. Ide tartoznak a teljes munkaidős tűzoltók is.

15. Sugáregészségügyi szolgálat

Ide tartoznak azok a sugárvédelmi szakemberek, akik tevékenysége a szokásos és speciális felügyelet, adatgyűjtés és elemzés. Ide tartoznak továbbá azok a személyek, akik összegyűjtik és elemzik a sugárvédelmi rendszer mintáit.

16. Sugáregészségügyi támogatás

Az a felelős személyzet, akik az egészségügyi program szakmai felügyeletét ellátják. Ide tartoznak azok, akik részt vesznek radiológiai, környezetvédelmi és dozimetriai programokban, beleértve az irodai személyzetet, akik a dozimetriai adatokat kezelik.

17. Emberi erőforrás gazdálkodás

Az emberi erőforrások, személyzeti programok és rendszerek (értékelés, juttatások, kompenzáció, előléptetés) esetében a bevezetésért és működtetésért felelős munkavállalók. Koordinálja az egyenlő munkavállalási lehetőségeket nyújtó (pl. vezetőfejlesztő) képzést. Tipikusan ide tartozik pl. az úniós kapcsolattartás.

18. Információ menedzsment

Felelős a kijelölt csoportszintű rendszerek szoftver és hardver támogatásáért (üzleti és vezetési alkalmazások, adatbázisok kezelése). Biztosítja a szoftvekekkel kapcsolatos rendszerek tervezését, felülvizsgálatát és felhasználói támogatását. Biztosítja a rendszergazdai erőforrásokat a szerver és kiszolgáló egységek működéséhez. Rendszer hardver-tervezést, felülvizsgálatot és

felhasználó-támogatást biztosít. A külső és belső forrásokból érkező műszaki és informatikai igényekre reagál.

19. Engedélyezés/Hatósági ügyek irányítása

Elsődleges kapcsolattartó engedélyezési, illetve egyéb hatósági ügyekben a Hatósággal. Koordinálja és felülvizsgálja a szokásos és speciális hatósági információs igényeket (engedélyek, esemény-jelentések). Koordinálja az éves FSAR (Végleges Biztonsági Jelentés) felülvizsgálati eljárást.

20. Karbantartás/létesítés

Azokat a személyeket foglalja magába, akik fő tevékenysége, hogy elvégezzék a karbantartási és létesítési munkákat a blokkon. Ez a tevékenység tartalmazza a szokásos megelőző-, javító- és prediktív (előre következtethető) karbantartási tevékenységeket az erőmű berendezésein. Tartalmazza továbbá a berendezések kisebb és nagyobb mértékű módosításait és a metrológiai eljárásokat.

21. Karbantartás/létesítés támogatás

Ez a funkció magába foglalja azokat a személyeket, akik karbantartási és létesítési területen végeznek támogató munkát. Ők azok, akik be vannak vonva a munka-csomag készítési, szerelés előkészítési és felülvizsgálati dokumentáció elkészítési munkálataiba, így:

- nem mérnöki végzettségű karbantartó szakemberek,
- nem mérnöki végzettségű személyek, akik készítik a karbantartási stratégiákat és döntenek karbantartási ügyekről,
- személyzet, akik a javító karbantartási eljárások fejlesztésén és egyéb műszaki dolgokon dolgoznak az erőmű mérnökei koordinálásával,
- karbantartási eljárás-készítők teljes munkaidős személyzete.

Szintén ebbe a csoportba tartozik az a személyzet, akik támogatják az erőműi rendszerek módosításait, átalakításait, úgymint a szerződéses munkavállalók koordinálása, költség- és ütemezés tervezés. A szerszámkiadók is ebbe a funkcióba tartoznak. Nem kell ide érteni az ütemtervezőket, tervezőket és az erőműi mérnökség mérnökeit.

22. Menedzsment

Magába foglalja a teljes menedzsment személyzetet az alsó szintű vezetőktől felfelé minden szervezetben, egészen a vezérigazgatóig.

23. Menedzsment-támogatás

Magába foglalja azokat a személyeket akik megbízást kapnak a többfunkciós (a teljes szervezetet vagy erőművet érintő) speciális projekteknél a menedzserek támogatására.

24. Anyaggazdálkodás

Azok a személyek tartoznak ide, akik felelősek a készletgazdálkodás, a hulladékok ártalmatlanítása, valamint az anyagrendelési programok működéséért. Magába foglalja a készletraktárak gazdálkodását és a rendelési információk kezelését végző személyeket is.

25. Átalakítási mérnökség

Biztosítja az átalakítások tervezését és a tervezés integritását az alábbiakhoz:

- Építészeti/statikai mérnökség; ide tartoznak a helyszíni épületek, utak, hidak és vízparti szerkezetek. Végrehajtja a talaj és alapvizsgálatokat, elemzi az igénybevételeket, felügyeli és jóváhagyja a tartószerkezetek tervezését. Stresszelemzéseket végez és támogatja a kiértékelést. Építészeti és elrendezési tervek készítését.
- Villamos/irányítástechnikai mérnökség; ide tartoznak a magas-, közép- és kisfeszültségű elosztórendszerek (beleértve az egyenáramú és műszer-betáplálást), a kapcsolódó berendezések (motorok, megszakítók, transzformátorok, akkumulátorok, töltők és inverterek) és irányítástechnikai rendszerek és összetevőik.
- Gépész mérnökség; ide tartoznak a primer-, szekunder- és segédrendszerek és a hozzájuk tartozó összetevők (pl. csővezetékek, szigetelések, és tartószerkezetek).

26. Nukleáris üzemanyag-kezelés

Elvégzi és/vagy felügyeli az átrakások biztonsági értékelését; átrakás tervezési elemzést, hidraulikus és tranziens-állapot elemzéseket végez. Támogatja a zónaelemzés műveleteit. Támogatja az üzemanyag-engedélyezés és kezelés tevékenységeit. A tevékenység magába foglalja a nukleáris üzemanyag beszerzés folyamatát kezelő és ellenőrző személyzetet.

27. Nukleáris biztonsági felügyelet

Felelős a telephelyen kívüli és belüli biztonsági felügyeleti tevékenységekért. Felülvizsgálja a működési zavarokat, javaslatot tesz a menedzsmentnek a műveletek átfogó minőségére és biztonságára. Felülvizsgálja a működéssel és szabályozással kapcsolatos dokumentumokat, engedélyeket és a műszaki specifikációkat. Felülvizsgálja az erőműi és ipari esemény-jelentéseket azok alkalmazásáért és a tanulságokért. Koordinációs tevékenységet végez külső kapcsolatokkal. Magába foglalja a kijelölt javító intézkedés programját végző személyzetet.

28. Üzemvitel

Magába foglalja a primerkörüi, szekunderkörüi és radioaktív hulladékkezelő rendszerek működéséért felelős operatív műszakos személyzetet, felügyelőket és műszakvezetőket.

Előkészítik, vagy felügyelik az üzemeltetés során fellépő események kezelésére szolgáló műveleteket. Fogadják és reagálnak egyéb szervezetek kapcsolódó igényeire.

29. Üzemvitel támogatása

Magába foglalja az operátorok nem-műszakos személyzet általi támogatását (eljárás-készítők, határidő-tervezők, műszaki szakértők és képzés-koordinálók). Szintén ide tartoznak a hatósági engedélyes operátor-képzési szervezetek.

30. Leállás (karbantartás) irányítás

Magába foglalja azokat a személyeket, akik a leállással kapcsolatos összes tevékenységet tervezik és koordinálják. Ez a tevékenység a központi kapcsolódási pont az átrakás, a leállási karbantartás tervezés és irányítás és a nem tervezett leállások irányítása között. Ide tartoznak a kijelölt leállási munkavezetők.

31. Erőművi mérnökség

Magába foglalja a rendszerek és a berendezések működésének értékelését és a rendszerek működési paramétereinek figyelemmel kísérését. Ezek a személyek mérnöki segítséget nyújtanak a javító karbantartási tevékenységek fejlesztéséhez; fejlesztik és felülvizsgálják az eljárásokat, a műszaki jelentéseket, áttekinti a felméréseket, módosításokat és a rendszerekkel kapcsolatos külső és belső tanulmányokat. Felelős a karbantartás és átalakítás utáni tesztek koordinációjáért, a helyi tömörségvizsgálati és integrált tömörségvizsgálati programok vezetéséért és felülvizsgálatáért. Helyi kontaktként szolgál a műszaki és eljárásrend szerinti rendszer- és készülékszintű tesztekkel kapcsolatos ügyekben.

32. Beszerzési mérnökség

Felelős az anyagminőség vizsgálati folyamatokért, ideértve az alkatrész cseréket is. Azonosítja és kezeli a szállítói nem-megfelelőségeket. Irányítja és végrehajtja a kereskedelmi termékek (eszközök) vizsgálatát és támogatja a bázishoz mért (like-for-like, LFL) csere elemzéseket.

33. Projektirányítás

Irányítja, ellenőrzi és felügyeli a vállalkozó által készített és a házon belüli tervezéseket és egyéb mérnökszolgálati támogató funkciókat. Felülvizsgálja a magas minőségi követelmények alapján szállított termékeket és szolgáltatásokat. Részt vesz ajánlatkérések összeállításában. Megállapítja és figyeli az adott munkára vonatkozó határidőtervek mérföldköveit. Koordinálja a döntéseket a vállalkozótól érkező műszaki kérdések tekintetében.

34. Beszerzés

Vevők, szállítók és egyéb beszerzéssel foglalkozó személyzet, akik az ajánlatok és beszerzési igények értékelésével és feldolgozásával felelősek a szerződött termékek és szolgáltatások beszerzéséért. Felelősek a sérült termékek kezeléséért és az eladóval történő kapcsolattartásért.

35. Minőségbiztosítás

Gondoskodik a jóváhagyott Minőségbiztosítási program bevezetéséről az időszakos auditok és felmérések végrehajtásáról. Intézkedik az auditok megállapításainak helyi utókezeléséről (javító intézkedések). Elemzi a működő Minőségbiztosítási program és a vezetőség által jóváhagyott és bevezetett Minőségpolitika státuszát. Fejleszti és karbantartja a minőségbiztosítási eljárásokat és utasításokat. Ide tartoznak azok a személyek, akik irányítják a szállítói audit programokat. Támogatja és felügyeli a szervezeti szintű önértékelési programokat.

36. Minőség-ellenőrzés/roncsolásmentes anyagvizsgálat

Végrehajtja a menet közbeni vizsgálati programot, elvégzi a folyamatban lévő tevékenységekhez kapcsolódó vizsgálatokat. Felügyeli a munkavégzést a Minőségbiztosítási programnak való megfelelés szempontjából. Elvégzi a Minőségbiztosítási program szerinti átvételi vizsgálatot. Ide tartozik az a személyzet, akik a roncsolásmentes anyagvizsgálatokat végzik, beleértve a hegesztések és csövezeteki anyagok radiográfiai és ultrahangos vizsgálatát.

37. Reaktor mérnökség

Az a személyzet, akik az üzemanyag-ciklus tervezését és elemzését, az aktív zóna-teljesítmény folyamatos ellenőrzését és trendelését végzik, műszaki támogatást és iránymutatást nyújtanak a blokkleállítás, üzemanyag átrakás és blokkindítás alatti műveletekhez.

38. Munkavédelem/Foglalkozás-egészségügy

Az a személyzet, akik a munkavédelmi és egészségügyi programokat menedzselik, tartják a kapcsolatot az illetékes hatóságokkal, a kapcsolódó feladatokat ellátják. Irányítják és kezelik az ipari biztonsági programot. Ide tartozik az orvosi vizsgálatokat végző és elsősegélynyújtó személyzet is.

39. Ütemtervezés

Az a személyzet, amelyik a nem átrakás miatti leállítás ütemezését végzi az üzemelési, karbantartási és vizsgálati tevékenységekhez. Tartalmazza azokat a személyeket, akik a karbantartást, létesítmény vezetést és mérnökszolgálatot koordinálják, a napi ütemtervet felülvizsgálják és frissítik. Ide tartoznak azok a személyek, akik előkészítik a rendszer leállások alatti és nem tervezett leállások alatti ütemtervet.

40. Biztonság- és vagyonvédelem

A telephely fizikai védelmét szolgálja. Biztonsági tervek és eljárások fejlesztéséért felelős. Irányítja a biztonsági szabályokkal és követelményekkel kapcsolatos műszaki ügyeket. Magába foglalja a beléptetést, illetve a munkavégzésre való alkalmasság ellenőrzését végző személyzet is.

41. Műszaki mérnökség

Kutatásokat és elemzéseket végez műszaki mérnökszolgálati témakörben, de nem dolgozza ki az átalakítási terv csomagot. Támogatást nyújt az átalakítási mérnökségnek és az erőmű mérnökségnek. Reagál a tervezési alapokat érintő, rendszer-irányítással kapcsolatos ügyekre és kérdésekre. Tanácsadóként szolgál műszaki ügyekben. Reagál belső és külső forrásból származó műszaki felvetésekre, információ-igényeket elégít ki. Felelős a mérnökszolgálatért és speciális műszaki területek kulcs programjáért, melyekbe nem értendők bele egyéb mérnöki funkciók, mint; berendezés-minősítés, konfiguráció-kezelés, időszakos ellenőrzés, tűzvédelmi tervezés, valószínűségi kockázat-elemzés. Biztosítja a tervezés integritását a kijelölt speciális területre.

42. Képzés

Elvégzi, vagy koordinálja az összes előírás szerinti képzést a nukleáris személyzet részére. Koordinálja a képzési ütemtervet, elkészíti a képzési jelentéseket. Gondoskodik az oktatók fejlesztéséről, képzéséről és az oktatási program tervezéséről, bevezetéséről. Működteti az erőműi szimulátort.

43. Raktározás

Ide tartoznak azok a személyek, akik közvetlenül kapcsolatban vannak a leltározással, beleértve vizsgálatot, nyomon követést és fenntartást. Kiadhat anyagokat a raktárból, vagy egyéb tároló helyekről a karbantartás, létesítés vagy átalakítás helyszínére.

5.3.3 Az üzemeltetéshez szükséges tevékenységi körök képzési követelményei

A táblázat információt nyújt az NAÜ által vizsgált létesítmények 43 specifikált tevékenységi területe képzési követelményéről és szakembereinek elvárt iskolai végzettségéről.

IAEA megjegyzi, hogy a közölt elvárások országonként eltérőek, amit indokolhat többek között a normatívák különbözősége.

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

Atomerőműi munkatevékenységek	Kompetenciákkal / tapasztalattal kapcsolatos követelmények	Minimális képzési követelmények
1. Adminisztráció/ügyvitel	Alapvető számítógépes szoftver ismeretek (szövegszerkesztés, prezentáció, stb)	Középfokú végzettség
2. Sugárvédelem	Alapvető számítógépes kompetencia; tapasztalat atomerőműveknél; sugárvédelmi tapasztalatok	B.Sc. diploma a természettudományok, az egészségügyi fizika és az ehhez kapcsolódó tudományágak területén
3. Pénzügy/számvitel	Alapvető számítógépes kompetencia; pénzügyi és elemzési képességek	B. Sc. diploma üzleti, pénzügyi, számviteli, vagy egyéb kapcsolódó területen
4. Vegyészet	3 év munkatapasztalat kémiai területen	Középfokú végzettség; egyetemi szintű kémia és matematika
5. Kommunikáció	Kiváló írásbeli és szóbeli kommunikációs képességek, a nyelv és nyelvtan, az emberi kapcsolatok, az internet technológia és az iparági trendek ismerete	B.Sc diploma újságírói, PR-vagy egyéb kapcsolódó területen
6. Számítástechnika	Alapvető számítógépes kompetencia; atomerőművi tapasztalat, atomerőművi folyamatszámítás-technika és teljesleptékű szimulátor technikai ismerete	B.Sc. diploma mérnöki vagy egyéb kapcsolódó műszaki területen
7. Szerződések	Alapvető számítógépes kompetencia; szerződés-kötési fogalmak ismerete, jó kommunikációs képesség, pénzügyi elemzési képesség; tárgyalási képesség	B.Sc. diploma
8. Radioaktív hulladékkezelés	2 éves radioaktív hulladék kezelési tapasztalat	Középfokú végzettség
9. Tervezés/szerkesztés	Alapvető számítógépes ismeretek, tapasztalat rajzok olvasásában és értelmezésében	Középfokú végzettség; követelményeket ír elő a műszaki területen szerzett B.Sc. diploma számára

Új atomerőmű blokkok létesítése
A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

Atomerőműi munkatevékenységek	Kompetenciákkal / tapasztalattal kapcsolatos követelmények	Minimális Képzési követelmények
10. Dokumentáció/irratkezelés	Alapvető számítógépes kompetencia; dokumentum-szabályozás és iratkezelés ismerete	Középfokú végzettség
11. Balesetelhárítás	Üzemeltetés és/vagy a sugárvédelem területén tapasztalat	B.Sc. diploma vagy szakmai bizonyítvány
12. Környezetvédelem	Tapasztalat a környezetvédelmi tudomány, a mintagyűjtés és a jelentési kötelezettségek területén	B.Sc. diploma vagy szakmai bizonyítvány
13. Kültéri létesítmények szolgáltatás	Fizikai állóképesség; alapvető gépész kompetencia	N/A
14. Tűzvédelem	Tűzvédelmi, műszaki alapelvek ismerete, beleértve a tűzkockázat elemzést, tűzvédelmi technológiát, tűzvédelmi rendszertervezést, szabványzatokat és előírásokat	B.Sc. diploma mérnöki technológia vagy más hasonló tudományág területén
15. Sugárregészségügyi szolgálat	Fizikai állóképesség követelményei; természettudományok	Középfokú végzettség
16. Sugárregészségügyi lámogatás	Természettudományok ismerete	Középfokú végzettség
17. Emberi erőforrás gazdálkodás	Alapvető számítógépes kompetencia; tapasztalat nyugdíj, társadalombiztosítási valamint az egészségügyi és szociális ellátások területén; illetve járatosság a helyi munkajogi szabályozásban	B.Sc. diploma az emberi erőforrások, az üzlet, a matematika vagy a pénzügy területén
18. Információ menedzsment	Speciális számítógépes kompetenciák; tapasztalat számítógépes hardver és szoftver rendszerekben, mint például az adatbázis adminisztráció, a számítógépes biztonsági és hálózati adminisztráció	B.Sc. diploma a számítástechnika, az információ menedzsment és más hasonló területeken

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

Atomerőmű munkatevékenységek	Kompetenciákkal / tapasztalattal kapcsolatos követelmények	Minimális Képzési követelmények
19. Engedélyezés/Hatósági ügyek irányítása	2 + év tapasztalat az atomiparban, alapvető számítógépes kompetencia, a nukleáris tervezés	B.Sc. diploma műszaki területen szükséges
20. Karbantartás/létesítés	Fizikai állóképesség; alapvető gépész ismeretek; jó kommunikációs képesség	Középfokú végzettség
21. Karbantartás/létesítés támogatás	Tervező: tapasztalat atomerőművi üzemeltetés területén és alapvető számítógépes kompetencia; egyéb támogatói szerep: tapasztalat alapvető erőművi üzemeltetés és az ipari biztonság területén	Középfokú végzettség
22. Menedzsment	Erőművi rendszerek tervezésének és üzemeltetésének ismerete	B.Sc diploma általában szükséges
23. Menedzsment-támogatás	A szerep atomerőmű tulajdonosának meghatározása szerint változik; tartalmazhat alapvető számítógépes kompetenciát, jó kommunikációs képességet, projekt menedzsment tapasztalatot stb.	Középfokú végzettség; néhány pozíció B.Sc. diplomát igényel
24. Anyaggazdálkodás	Tapasztalat készletgazdálkodási módszerek és rendszerek területén	Középfokú végzettség
25. Átalakítási mérnökség	Erőművi rendszerek tervezésének és üzemeltetésének ismerete, hatályos szabályzatokban, szabványokban és környezetvédelmi előírásokban való jártasság; projektmenedzsment tapasztalat előnyös	B.Sc. diploma gépész, villamos vagy építőmérnöki területen
26. Nukleáris üzemanyag-kezelés	Mérnök közgazdász vagy más hivatalos pénzügyi tapasztalat; nukleáris üzemanyag-ciklus és pénzügyi elemzés tapasztalat	B.Sc. diploma mérnöki, üzleti adminisztráció, illetve más kapcsolódó területeken

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

	Atomerőművi munkatevékenységek	Kompetenciákkal / tapasztalattal kapcsolatos követelmények	Minimális Képzési követelmények
27.	Nukleáris biztonsági felügyelet	Ok-okozati elemzésben való jártasság, emberi tevékenységek-, ipari üzemi esemény beszámolók-, jelentések összegyűjtése és elemzése	Középfokú végzettség; néhány pozíció B.Sc. diplomát igényel
28.	Üzemvitel	Alapvető gépészeti ismeretek és számítógépes kompetenciák	Általában szükséges: a középfokú végzettség; egyes egyes országokban B.Sc. diplomát igénylenek
29.	Üzemvitel támogatása	Alapvető gépészeti ismeretek és számítógépes kompetenciák; atomerőmű tapasztalat	B.Sc. diploma mérnöki vagy más műszaki tudományágban; középfokú végzettség több év atomerőművi, üzemeltetési tapasztalattal kiegészítve.
30.	Leállítás (karbantartás) irányítás	Alapvető számítógépes kompetencia; atomerőművi tapasztalat, nukleáris technikai alapismeretek és üzemviteli ismeretek	B.Sc diploma mérnöki vagy egyéb más műszaki tudományágban
31.	Erőműi mérnökség	Alapvető számítógépes kompetencia; atomerőművi tapasztalat, nukleáris technikai alapismeretek és üzemviteli ismeretek	B.Sc. diploma mérnöki vagy egyéb kapcsolódó műszaki területen
32.	Beszerezési mérnökség	Alapvető számítógépes kompetencia; atomerőművi tapasztalat, atomerőművi berendezések ismerete és tervezési ismeretek	B.Sc. diploma mérnöki vagy egyéb kapcsolódó műszaki területen
33.	Projektlírányítás	Alapvető számítógépes kompetencia, projekt menedzsmentli kompetencia, jó kommunikációs és tárgyalási képességek, az adatelemzési ismeretek	B.Sc. diploma műszaki vagy menedzsment területen

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

	Atomerőművi munkatevékenységek	Kompetenciákkal / tapasztalattal kapcsolatos követelmények	Minimális Képzési követelmények
34.	Beszerezés	Alapvető számítógépes képesség; ellátás menedzsment ismerete; jó kommunikációs képesség; adatelemzési és tárgyalási képességek	B.Sc. diploma mérnöki, üzleti adminisztráció, illetve más kapcsolódó területeken
35.	Minőségbiztosítás	Tapasztalat atomerőművi tervezés, üzemeltetés, karbantartás vagy más kapcsolódó nukleáris tevékenységek területén. Tapasztalat minőségbiztosítási programokban és koncepciókban; vezető reaktor üzemeltetői engedély vagy tanúsítvány főleg az üzemeltetésben, tervezési mérnöki tapasztalat főleg mérnöki területen, karbantartási vagy ellenőrzési tapasztalat főleg a karbantartási területen	B.Sc. diploma műszaki területen
36.	Minőség-ellenőrzés/ roncsolásmentes anyagvizsgálat	Fizikai állóképesség, alapvető számítógépes kompetencia, a minőségellenőrzés és a roncsolás mentes anyagvizsgálat értékelés felügyeletének és vizsgálati módszerének általános ismerete	Középfokú végzettség
37.	Reaktor mérnökség	Fizikai tudományok alapvető ismerete, haladó számítógépes képességek; a nukleáris és reaktorfizika ismerete	B.Sc. mérnöki diploma
38.	Munkavédelem/ Foglalkozás-egészségügy	Képesség a foglalkozás-egészségügyi előírások és szabványok értelmezésére, végrehajtására és kommunikálására; képesség az egyéni védőeszközök alkalmazásának szemléltetésére, ipari higiénia monitorozás és mintavétel, a munkahelyi biztonság kockázatelemzése és kockázatsökkentése, egészségügyi és környezetvédelmi kérdések	B.Sc. diploma környezetvédelmi tudomány, mérnöki, ipari higiénia, közegészségügyi vagy más természettudományok területén
39.	Ütemtervezés	Általános erőművi tapasztalat karbantartási, működési vagy műszaki területen, beleértve az üzemi rendszer ismeretét, jó kommunikációs képességek	B.Sc. diploma műszaki területen szükséges

Új atomerőmű blokkok létesítése
A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

Atomerőműi munkatevékenységek	Kompetenciákkal / tapasztalattal kapcsolatos követelmények	Minimális Képzési követelmények
40. Biztonság- és vagyonvédelem	A fizikai állóképesség és / vagy agilitás szükséges; pszichológiai vizsgálat / alkalmasság szükséges	Középfokú végzettség
41. Műszaki memóriás	Alapvető számítógépes kompetencia; atomerőművi tapasztalat; nukleáris technikai alapismeretek és üzemviteli ismeretek	B.Sc. diploma mérnöki vagy egyéb kapcsolódó műszaki területen
42. Képzés	Az üzem eljárássok és szabályok részletes ismerete a kijelölt területen; az erőművi rendszerek és folyamatok részletes ismerete; a kijelölt terület támogatására szolgáló számítógépes szoftverek szakmai ismerete	Középfokú végzettség; vezető reaktor operátori igazolvány az operátori képzés számára, mester szintű kompetencia a szükséges tudományágban (gépészeti, villamos, vagy irányítástechnika) a karbantartási képzés számára, B.Sc. diploma mérnöki területen a mérnöki / műszaki képzések számára
43. Raktározás	Fizikai állóképesség; emelőgép-biztonsági ismeretek	Középfokú végzettség

9. táblázat: Az üzemeltetéshez szükséges tevékenységi körök képzési követelményei

6. A számításba vett blokk típusok építési, üzembe helyezési és üzemeltetési munkaerőigénye

Általánosan elmondható, hogy az új blokkok építésének tényleges munkaerő-szükséglete (az építés csúcsidőszakában kb. 5000–7000 fő). Ez azonban nagyban függ a kiválasztásra kerülő beruházótól, mert az öt elképzelhető műszaki megoldás között alapvető különbségek vannak az építést megelőző, és ahhoz kapcsolódó munkaerő-szükségletet illetően.

Az építésre kiválasztásra kerülő fővállalkozó –a létrejövő szerződéstől függően– nagy mértékben támaszkodhat az addig kialakult nemzetközi és országos partnerhálózatára, illetve a lehetséges gazdasági előnyöket szem előtt tartva, vagy szerződéses kötelezettségként a helyi, kistérségi, megyei, regionális jelleggel működő vállalkozásokat vonhat be, illetve az ott foglalkoztatott munkaerőt veheti igénybe.

Az építési folyamat átlagos, illetve csúcs időszakában szükséges építői létszámot foglalja össze blokk típusonként a 10. táblázat. Az építési időszakban három műszakos munkarendet kell figyelembe venni.

	AP1000		MIR-1200	EPR		ATMEA1	APR1400
	Átlag	Csúcs	Max.	Átlag	Csúcs	2 blokk egyidejű építése esetén (csúcs)	2 blokk egyidejű építése esetén (csúcs)
Építő létszám (fő)							

10. táblázat: Az építési létszám blokk típusonként az átlagos és csúcs időszakokban

Az építésben résztvevők elhelyezésére több megoldás lehetséges Pakson, illetve a környező településeken. Amennyiben az építési létszám elhelyezésére új lakóházak épülnek, azok az építési időszak befejezését követően értékesíthetők a helyi lakosság részére, vagy felhasználhatók az erőmű üzemeltetői számára. Lehetőség van meglévő lakások, házak vásárlására vagy bérletére, illetve ideiglenes munkásszállások is kialakíthatók a munkaterület közelében, vagy a közeli településeken. Ennek előnye, hogy az ideiglenesen foglalkoztatott munkaerő felszabadulása után az ideiglenes lakókonténerek újrahasznosíthatók, új munkaterületre elszállíthatók. [8]

6.1. A megismert munkaerőigény adatok bemutatása

6.1.1 AP1000 (Westinghouse)

Az amerikai Westinghouse AP 1000 új fejlesztésű blokkja még schol nem üzemel a világon, az első létesítés alatt lévő egységek Kínában készülnek, megrendelés szerint 2x2 blokk.

A cég

Kínában az első AP1000 blokkot terv szerint 2013-ban kapcsolják a hálózatra, azaz megtörténik a kereskedelmi indítás.

A álló technológia lehetővé teszi az építési feladatok párhuzamos menetét, a munka nem csak a telephelyen folyik, hanem az előgyártó egységekben is.

A fejezetben bemutatásra kerülő humán erőforrás igények becsült számok, mivel még nem készült el egy blokk sem a prototípusból.

6.1.1.1 Az építkezés ütemezése

A beruházást 3 fő fázisra lehet osztani:

- Helyszíni előkészítő munkálatok az első betonozásig, előirányozottan .
- Építési fázis, az első betonozástól az üzemanyag betöltésig 2 blokkra: .
- Indítási fázis, az üzemanyag betöltésétől a hálózatra kapcsolásig : .

Az alábbi ábra szemlélteti részletesebben a beruházási időszak főbb fázisait. A teljes építkezés prognosztizáltan ölel fel.

23. ábra: Az AP1000 ikerblokk kivitelezési ütemterve

6.1.1.2 A szükséges munkaerőforrások

1. Beruházási időszak humán erőforrás igénye

A Westinghouse

A humán erőforrás igény függ a rendelkezésre álló megvalósítási időintervallumtól, az elfogadott ütemtervektől és a hazai szerepvállalók termelékenységétől. [27]

Az alábbi táblázat a két egységes építési időszak összesített szakember létszámait közli alap szakterületi lebontásban. Ez a humán erőforrás nem egyszerre, hanem az ütemtervnek megfelelő szakaszokban jelenik meg a helyszínen.

Helyszín	Szakma	Munkaerő (fő)
Hely specifikus	Építő munkás	

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

Hely specifikus	Csőszerelő	
Hely specifikus	Villamossági szerelő	
Hely specifikus	vegyes fizikai munkások	
1. blokk	Építő munkás	
1. blokk	Csőszerelő	
1. blokk	Villamossági szerelő	
1. blokk	vegyes fizikai munkások	
1. blokk	Üzembe helyező	
2. blokk	Építő munkás	
2. blokk	Csőszerelő	
2. blokk	Villamossági szerelő	
2. blokk	vegyes fizikai munkások	
2. blokk	Üzembe helyező	
Külső helyszín	Nem közvetlen munkaerő	
Külső helyszín	Nem fizikai munkás	

11. táblázat: Az AP 1000 ikerblokk építési szakaszában lévő legmagasabb humán erőforrás igény

Összesítve az adatokat ez dolgozót jelent, akik hosszabb- rövidebb ideig munkát végeznek a beruházás során, nem feltétlenül a telephelyen. [25]

Egy másik forrás részletesebb szakma lebontásban mutatja a kivitelezési fázis emberi erőforrás igényét. [14]

Kategoriák	Csúcs munkaerő létszám (fő)
Szakmunkások	
Művezetők	
Külső munkások	
Minőség ellenőrök	
Reaktor szállító és alvállalkozó személyzet	
Kivitelező vállalkozó vezető, mérnök, ütemtervező	
Tulajdonos üzemviteli és karbantartó személyzet	
Üzembehelyező személyzet	
Nukleáris biztonsági felügyelők	
Összesen:	

12. táblázat: AP 1000 egy blokki beruházói létszáma

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

A fenti felosztást tovább részletezve az **fős szakmunkás csoport összetételét** az alábbi táblázat mutatja:

Szakmajegyzék	Arány (%)	Csúcs munkaerő létszám (fő)
lakatosok		
Ácsok		
Villamossági szerelők		
Acélmunkások		
Szigetelők		
Földmunkások		
Kőművesek		
Gépszerelők		
Üzemmérnökök		
Festők		
Csőszerelők		
Lemezlakatosok		
Tehergépkocsi vezetők		
Összesen:		

13. táblázat: AP 1000 egy blokk beruházás szakmunkás igénye

A következő kimutatás a 14. táblázatban az alkalmazott szakképzett személyzet elvárt létszámát mutatja az építkezés egyes fázisaiban. Az adatok százalékosak, és a végleges üzemviteli személyzethez vannak viszonyítva. Az üzemviteli létszám a Westinghouse közlése szerint ikerblokk esetén **szakembert** jelent. (Ezt a következő alpont fogja bemutatni.) Az arányszámokat összehasonlítva megmutatkozik, hogy a szakember gárda maximális létszámára a kereskedelmi indításra való felkészüléskor van szükség. Ekkor folynak az előzetes és végleges próbák, megközelítően **évig**. A becslés megfelel a NAÜ ajánlásnak: IAEA 50-SG-04 és IAEA NS-G-2.9. [14] [26]

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

Pozíció	Létesítés kezdete	Üzemi próbák kezdete	Üzemanyag átvétel	Üzemanyag betöltés	Kereskedelmi indítás	hónappal később (üzemeltetői személyzeti egyensúly)
	Személyzet (üzemeltetői személyzet egyensúly százaléka, %)					
Menedzsment						
Üzemvitel						
Operatív üzemvitel						
Üzemviteli támogatás						
Karbantartás						
Villamos karbantartás						
Gépész karbantartás						
Irányítástechnikai karbantartás						
Üzemvitel irányítás						
Karbantartói támogatás						
Műnőkség						
Leállítás (karbantartás) irányítás						
Főbb átalakítások és helyi támogatás						
Organizációs hatékonyságnövelés						
Nukleáris felügyelet						
Sugárvédelem						
Sugáregészségügy irányítás						
Sugáregészségügy támogatás						
Vegyészet						
Képzés						
Alapképzési tevékenység						
Folyamatos képzési tevékenység						
Karbantartás/sugárvédelem képzés						
Biztonságvédelem						
Nukleáris védelmi szolgálat						
Biztonság és vagyonvédelem						
Vészhelyzeti specialisták						
Ellátási lánc menedzsment						
Telekommunikáció						

14. táblázat: AP 1000 blokkok esetén az üzemviteli személyzet százalékos aránya a létesítés fázisaiban

2. Üzemviteli időszak humán erőforrás igénye

A szakembereket a beruházás korai szakaszában el kell kezdeni oktatni, hogy tevékenységük megkezdése előtt teljes körű felkészítésben részesüljenek. Szakmáinkénti specifikációjukat a következő táblázat adja meg, 2 blokki üzemviteli személyzettel kalkulálva.

Szervezet	Atomerőműi funkció	Létszám (fő)
Üzemvitel	Vegyészet	
	Üzemvitel	
	Üzemvitel támogatása	
Karbantartás	Kültéri létesítmények szolgáltatás	
	Karbantartás/létesítés	
	Karbantartás/létesítés támogatás	
	Leállítás (karbantartás) irányítás	
	Minőség-ellenőrzés/roncsolásmentes anyagvizsgálat	
	Ütemtervezés	
Sugárvédelem	Sugárvédelem	
	Radioaktív hulladékkezelés	
	Sugáregészségügyi szolgálat	
	Sugáregészségügyi támogatás	
Mérnökség	Számítástechnika	
	Tervezés/szerkesztés	
	Átalakítási mérnökség	
	Nukleáris üzemanyag-kezelés	
	Erőmű mérnökség	
	Beszerzési mérnökség	
	Projektirányítás	
	Reaktor mérnökség	
	Műszaki mérnökség	
Biztonság	Balesetelhárítás	
	Környezetvédelem	
	Tűzvédelem	
	Engedélyezés/Hatósági ügyek irányítása	
	Nukleáris biztonsági felügyelet	
	Minőségbiztosítás	
	Munkavédelem/Foglalkozás-egészségügy	
	Biztonság- és vagyonvédelem	
Menedzsment támogatás	Adminisztráció/ügyvitel	
	Pénzügy/számvitel	
	Kommunikáció	
	Dokumentáció/iratkezelés	
	Emberi erőforrás gazdálkodás	
	Információ menedzsment	
	Menedzsment	
	Menedzsment-támogatás	
	Képzés	
Ellátási lánc	Szerződések	

Új atomerőmű blokkok létesítése

A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

	Anyaggazdálkodás	
	Beszerezés	
	Raktározás	
Összesen:		

15. táblázat Az üzemviteli személyzet szakmáknkénti lebontása AP1000 ikerblokkok esetén

A Westinghouse szerződött a _____ céggel acélból, hogy fejlesszenek ki részükre egy személyzeti modellt, ami hatékony szervezet felépítést eredményez a biztonságos üzemeltetés szem előtt tartása mellett. A fejlesztés által lényeges csökkenést értek el az atomerőmű vállalati létszámában a többi erőmű személyzetéhez képest. Ezt hivatott demonstrálni a következő diagramm. [25]

Az egy blokki _____ fős személyzet létszáma két blokk esetén _____ -al emelkedik, azaz a dolgozókat _____ főre becsülik ikerblokkok esetén. [25]

24. ábra: Egy-, kettő- és három AP1000 típusú blokk üzemeltetői létszáma

6.1.1.3 A humán erőforrás kiszolgálása

Westinghouse a munkaerő ellátásának kérdéskörére, az eddigi tapasztalataira támaszkodva az alábbiakat válaszolta:

Szükséges táborokat építeni elszállásolás céljából, és biztosítani az emberek szállítását az építkezés helyszínére.

Amíg, a bővítés körülményei nincsenek pontosabban definiálva, nehéz meghatározni a humán erőforrás kiszolgálásának módját és mértékét. Tapasztalataik azt mutatják, hogy minden szituáció különböző, más és más megoldásokat kíván. Eltérőek a biztonsági előírások, az emberek igényei, mások az étkezési szokások, az éghajlati szempontok az elvárt munkarend. A kiszolgálás lehetőségeit és igényeit speciálisan ki kell vizsgálni Paksra vonatkozóan a beruházás által támasztott követelményeknek megfelelően.

6.1.1.4 Munkaerő megoszlás hazai és külföldi munkavállalók között

Tapasztalataik szerint kölcsönösen előnyös a helyi munkaerő bevonása a lehető legnagyobb mértékben. Ez széles körű képzési program megvalósítását vonja maga után. A termelékenység, a megfelelő kapacitás és a minősített források rendelkezésre állása mind olyan meghatározó tényezők, melyek befolyásolják a helyi munkaerő használatának lehetőségét. A külföldi munkaerő bevonás szükségét a tevékenységi időtartam és az ütemezés fogja meghatározni.

6.1.2 AES-2006 (MIR-1200)

Projekt menedzselés

Az elmúlt 40 év tapasztalata az atomerőmű tervezésben, üzemeltetésben és építésben, lehetővé tette egy új generációs atomerőmű létrehozását. Minőségi és biztonsági kultúrája, kiépített projekt menedzsment rendszere összhangban van a nemzetközi követelményekkel. Kifejlesztett projekt irányítási rendszert alkalmaztak a kínai beruházás alatt, a finn építkezésen ennek egy megrendelői követelményeknek jobban megfelelő adaptációját használják. [29]

A projekt menedzselési rendszer célja a beruházás során működtetni egy egységes metodikájú tervezési, ellenőrzési és koordinációs tevékenységet valamennyi résztvevő számára annak érdekében, hogy biztosítani lehessen;

- az előírások szerinti minőségi követelményeket,
- a szerződés szerinti gazdasági hatékonyságot.

Ütemterv

hónapra tehető az első betonozástól a kereskedelmi indításig szükséges idő, bontása az alábbi:

hónap az időigénye az első betonozástól a konténment installálásáig tartó fázisnak.

hónap a szerelési munkafázis,

hónap az üzembe helyezés és az éles tesztek elvégzése. [29]

Személyzeti létszám

Az üzemviteli személyzet létszámára vonatkozó irányadó adatszolgáltatás szerint:

fő / MW ikerblokkok esetén. [33]

Hazai és külföldi munkacrő-megosztás lehetőségei [29]

Az Orosz adatszolgáltatás a beszállítást 3 fő csoportra bontotta:

Kizárólagos saját beszállítás (NSSS):

Nukleáris technológiákon kívüli egyéb berendezések:

3. Egyéb beszállítói hányad:

Részletesebben az alábbi ábra szemlélteti a megoszlást. [28]

25. ábra: Beszállítói részarány AES-2006 esetén

A helyszíni munka a szerződési feltételek szerint fel van osztva a Szállító és a Megrendelő között. Általában a meghatározó alapelvek:

- Megrendelő biztosítja az alábbi kiszolgáló létesítményeket a helyszínen, ennek tervezése, kivitelezése is az ő tevékenységi köre:

-

- Megrendelő feladata továbbá a szabadtéri kapcsolódó technológiák elkészítése, úgymint:

- Megrendelő biztosítja a - Szállítói terjedelemben tartozó - fő épület alábbi szerepköreinek kiszolgálását:

-

Az AES-2006 típusú reaktorok humán-erőforrás szükségletét részletesebben lásd 7.3 pontban.

6.1.3 ATMEA1 (AREVA-Mitsubishi)

Szükséges humán erőforrás

Az ATMEA1 típusú blokkok valós humánerőforrás adatainak megismerésére 2011. január 30. és február 3. között 6 fős delegáció utazott Párizsba, ahol az AREVA központjában konzultációra nyílt alkalom az ATMEA cég két képviselőjével.

Mivel ATMEA még sehol nem épített atomerőművet, a humánerőforrás témakörben releváns adataik elsősorban az AREVA tapasztalatain alapulnak. Az általuk tartott prezentáció inkább műszaki és marketing jellegű volt, mint humánerőforrás megközelítésű.

Előzetes tájékoztatásuk szerint a humánerőforrás-adatok közelítőleg megegyeznek az EPR/AREVA blokkokéval.

Az első betonozástól a kereskedelmi indításig tartó időszakot hónapra becsülik.

26. ábra: ATMEA1 becsült létesítési ütemterve

Két blokk építése esetén - hónapos szünetet hagyva a két blokk építésének megkezdése között- ez az időtartam becsléseik szerint hónap, az első blokk első betonozásától a második blokk kereskedelmi indításáig. [30]

A becslés normál helyi és személyzeti (munkaerő) körülményeket feltételez. Erre a scenárióra durván 6-7000 emberrel számol a két blokki építési időszak csúcsánál. Ezek többsége lehet helyi forrásból, de ez függ a szakképzett személyzet rendelkezésre állásától.

ATMEA célja, hogy maximálisan biztosítsa a helyi részvételt, akár -ig is, amennyiben az alvállalkozók és a munkavállalók megfelelnek a szükséges szakmai feltételeknek. A feltételek között kiemelt fontosságú az angol nyelv ismerete.

A "Dominion Study" tanulmányt alapul véve az alábbi üzemeltetői személyzeti felépítéssel és a feltüntetett létszámmal kalkulálnak. E szerint a felállítás szerint egy blokk üzemeltetői humán erőforrás igénye körülbelül fő, ikerblokk esetén megközelítőleg fő. A szervezet magába foglalja a kereskedelmi és biztonsági területeket, valamint a mérnöki és karbantartási osztályokat, 8 órás munkaidővel és 5 műszakkal számolva.

27. ábra ATMEA1 US department of energy "Dominion Study" tanulmánya szerinti szervezeti felépítés

Az üzemeltetői személyzet létszáma nagy szórást mutat a világon üzemelő atomerőművekben. Egy Japán tanulmány rámutatott, hogy az itt egy blokki létszám a japán gyakorlat szerint két blokki üzemeltetést tesz lehetővé. [31]

Az oktatás

A szállító által biztosított szimulátor a vezénylő teljes mása, ezáltal lehetőséget nyújt az életszerű betanulásra. Átfogó akkreditált képzési programot dolgoztak ki a személyzet részére, támogatva ezzel a működési, karbantartási és tesztelési feladatokat.

Kapcsolódó egyéb információk

2009 januárjában Nicolas Sarkozy francia elnök megerősítette, hogy EDF építene egy második 1650 MWe villamos teljesítményű EPR atomerőművet Penly-ben, Normandiában. Mint Flamanville-ben, itt is két 1300 MWe villamos teljesítményű egység üzemel a telephelyen, helyet biztosítva két új egység létesítésére. A projekt nyilvános vitája befejeződött 2010-ben, a létesítés várhatóan 2012-ben kezdődik és 2017-ben lesz a hálózatra kapcsolás.

A GdF-Suez eredetileg 25%-os részesedés megszerzését tervezte ebben, de miután 2010 februárban úgy döntött, hogy nem vesz részt a Penly-2 projektben, engedélyt kértek egy 1100 MWe villamos teljesítményű reaktor megépítésére Tricastin vagy Marcoule telephelyen a Rhone-völgyben, 2020 körüli indítással.

Ha megépül, ez lesz a referencia erőműve az ATMEA (AREVA-Mitsubishi) tervezésű blokknak, alapját képezve az export értékesítésnek.

A Francia kormány birtokolja az EdF 85%-át, a GdF-Suez 35,7%-át és az AREVA 88%-át. [15]

Az AREVA és ATMEA egymással nem versenytárs, mivel ATMEA 50%-ban AREVA tulajdonában áll. Az ATMEA1 a ~1100 MWe teljesítményével alternatívát nyújt azoknak a vásárlóknak, akiknek a ~1600 MWe teljesítményű EPR túl nagy (de tulajdonképpen a MIR-1200 és az AP1000 konkurrensa a piacon).

Jelenleg (2011.10.) az ATMEA1 blokk kiviteli tervének készítése folyamatban van.

6.1.4 EPR (AREVA)

Az EPR reaktor villamos termelési kapacitása több mint 1650 MWe. A legnagyobb teljesítményű reaktorok közé tartozik a piacon. III. generációs reaktor, kipróbált és tesztelt technológiával rendelkezik.

Jelenleg 3 helyszínen folyik beruházás EPR 1600 –as reaktorral:

- Finnországban (Olkiluoto),
- Franciaországban (Flamanville) és
- Kínában (2 egység Taishan).

A hivatalos honlapján közzétett 2011. október 5-én készült projekt jelentése az alábbi kimutatást közli.

Új atomerőmű blokkok létesítése
A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése

EPR Project Profiles			
Name	Olkiluoto 3 (OL3) Finland	Flamanville 3 (FA3) France	Taishan 1 & 2 (TSN 1&2) China
Customer	Teollisuuden Voima Oyj (TVO)	Electricité de France (EDF)	China Guangdong Nuclear Power Holding Corp. Ltd. (CGNPC), represented by the Taishan Nuclear Power Company (TSNPC)
Scope of work	1 EPR™ unit (AREVA - Siemens Consortium)	1 EPR™ Nuclear Steam Supply System (NSSS) (AREVA)	Design & procurement for 2 EPR™ units (AREVA)
Net electric output	1,600 MWe	1,630 MWe	1,660 MWe per unit
First concrete	October 2005	December 2007	End 2009
Nuclear Operations (Starting after reactor fuel loading)	End 2012	Project Lead EDF - "The first KWh produced by the EPR will be sold by EDF in 2016" - EDF Press Release, July 20, 2011	Unit 1 - 2013

28. ábra: AREVA helyzetjelentés a folyó beruházásokról (2011.10.05.-i állapot)

A beruházási időszakok eltérését figyelhetjük meg:

- Finnország (Olkiluoto)	2005.10. - 2012
- Franciaország (Flamanville)	2007 – 2016.
- Kína (2 blokk Taishan)	2009 – 2013. 1. blokk

Jelen tanulmány több fejezetben is foglalkozik Olkiluoto 3 és Flamanville 3 beruházásokkal. Az adott fejezetekben magyarázatot kaphatunk az ütemezés eltolódásának vélt okaira. Valószínűleg ennek köszönhető az is, hogy óvatosan fogalmaznak a humán erőforrás kérdéskörét illetően. Rendelkezésünkre álló forrásanyagok alapján az alábbiakat közöljük:

A helyszíni munkaerő legmagasabb létszáma főre becsülhető a telephelyen, a bedolgozó munkavállalók nélkül. Az átlagos dolgozói létszám fő. [32]

Az építkezés az első beton beöntéstől (FCD) a hálózatra kapcsolásig hozzávetőlegesen hónap.

Az üzemviteli személyzet munkaerő igénye fő 1 blokkra. [22]

A helyszíni látogatás során szerzett adatok fentiekől eltérnek (lásd: 7.2 fejezet).

6.1.5 APR1400 (Korean Hydro and Nuclear Power)

6.1.5.1 A KEPCO vállalat

Az állami tulajdonú Korea Electric Power Corporation (KEPCO) a világ harmadik legnagyobb atomenergetikai vállalkozása. Országában jelenleg (2011.10.) huszonegy blokkot üzemeltet, hét további létesít, és újabb tízet tervez 2030-ig. Ugyanakkor ilyen imponáló erő mellett 2009-ig nem tudott kitörni a világpiacra. [34, 35]

6.1.5.2 Az első külföldi megmérettetés

2009-ben a KEPCO által vezetett csapat nyerte meg az Egyesült Arab Emírségek atomerőmű beruházási tenderét. Az ENEC (Emirates Nuclear Energy Corporation) előkészítő szervezet öt fő kritérium szerint kereste hosszú távú partnerét: biztonság, rövid szállítási határidő (2017-2020), versenyképes ár, fővállalkozási szerződéses konstrukció, humán erőforrás fejlesztés az Arab Emírségekben.

A döntés nyomán Korea négy db APR1400 típusú blokkot szállít. Az ENEC

A szerződés szorgalmazta a hazai humán erőforrás fejlesztését és képzését, az ipari infrastruktúra bővülését, mindemellett a gazdaságra gyakorolt élénkítő hatását. Nem titkolt szándékuk az olaj iparág dominanciájának tompítása. Terveik szerint az üzemviteli személyzet 60%-a hazai munkavállaló lesz, akiket a tengerentúlon és az Arab Emírátság egyetemén fognak kiképezni. Az oktatás és az építési menedzsment a KEPCO feladata lesz.

6.1.5.3 Kivitelezési ütemterv és irányítás

A KEPCO az elmúlt években megvalósított számos hazai beruházása során jelentős mennyiségű tapasztalatot halmozott fel. Az egységek párhuzamos építése növeli a munkaerő és az eszköz kihasználtságot. A kidolgozott lépcsőzetes ütemterv az alábbiak szerinti:

Milestones (mérföldkövek)	Months Prior to COD (hónapok)
Contact Award (szerződéskötés)	
Submit PSAR (PSAR benyújtása)	
Start Excavation (földkiemelés)	
First Concrete Pouring (első beton öntés)	
Set Reactor Pressure Vessel (reaktor tartály behelyezése)	
Cold Hydro Test (hideg nyomáspróbák)	
Hot Functional Test (meleg funkció próbák)	
Fuel Loading (üzemanyag betöltés)	
Commercial Operation (kereskedelmi indítás)	

16. táblázat: A 2 APR 1400 egység párhuzamos menetrendje

Az építési fázis hónapig, a szerelési periódus hónapig tart. A megfelelő szakember mennyiség biztosításához emberi erőforrás - kihasználó program készült. [36]

A menetrend szükség szerint meggyorsítható az eddig megszokottól eltérő folyamatos munkarend alkalmazásával. Ez a feltétel nagyobb humán erőforrást igényel a munkaerő és a kiszolgáló ágazatok (pl. beszállítói kapacitás) területén egyaránt. Az alábbi táblázat tartalmazza a KEPCO helyszíni menedzsmentjének szükséges létszámát. [36]

Phase		Duration	Contents	Staff (persons)
Construction Phase	I		Site Grading Stage (From Site Grading to Power Block Excavation)	
	II		Excavation Stage (Power Block Excavation to First Concrete Pouring)	
	III		Construction of Power Block Building Stage (From First Concrete Pouring to Reactor Vessel Installation)	
	I V		Installation of Mechanical and Electrical System Stage (From Reactor Vessel Installation to Initial Fuel Loading of Unit 1)	
	V		Start up of Unit 1 Stage (From Initial Fuel Loading of Unit 1 to Initial Fuel Loading of Unit 2)	
	V I		Start up of Unit 2 Stage (Initial Fuel Loading of Unit 2 to Commercial Operation of Unit 2)	
	V II		Construction Completion Stage (From Commercial Operation of Unit 2 to 6 months after Unit 2 Completion)	

17. táblázat: A 2 egységes APR 1400 párhuzamos építése során szükséges KEPCO menedzsment személyzet

6.1.5.4 Humán erőforrás szükséglet

A referenciaként szolgáló APR 1400 Shin-Kori 3, 4 blokkok kivitelezése után összesített humán erőforrás adatok sajnos nem állnak rendelkezésünkre.

Megrendelő képviselői a koreai KEPCO vállalattal, mint potenciális tenderezővel több alkalommal próbálták felvenni a kapcsolatot -a tárgyban szükséges konzultációs igényünkre hivatkozva, eljuttatva kérdéseinket-, de a személyes találkozó és a konzultáció végül nem valósult meg.

2011. novemberében azonban egy MVM Paksi Atomerőmű ZRt. képviselőiből álló delegáció utazott Koreába, megtekinteni a KEPCO APR1400 prototípusok építését. Az ott bemutatott prezentációk között volt humán erőforrással kapcsolatos is. Az alább közölt adatokat a résztvevők bocsátották rendelkezésünkre.

29. ábra: Új atomerőmű becsült munkaerő szükséglete 2 db APR1400-as blokkok esetében

30. ábra: Új atomerőmű becsült munkaerő terhelési diagramja 2 db APR1400-as blokkok esetében

A 29. és a 30. ábrák bemutatják 2 db APR1400-as blokk építésének becsült munkaerő szükségletét és a munkaerő terhelési diagramot.

Shin Kori-3 létesítése fővállalkozásban történik. A fővállalkozó a KHNP, amely a projekt menedzsmentet is biztosítja.

A telephely mellett KEPCO felépített egy egyetemi szintű komplex nukleáris ipari képzési központot, ahová külföldieket is várnak. A képzés 2012 elején indul angol nyelven. A külföldi hallgatók oktatási költségeit Korea kormánya 100%-ban biztosítja abban az esetben, ha a küldő ország APR1400 mellett kötelezi el magát. [55]

Valószínűsíthető, hogy a folyamatos építkezés során kiforrott hatékony ütemtervek és munkavégzés rutinos építkezést eredményeznek, legalább is hazai környezetben.

6.2. A bemutatott adatok bizonytalansága

Az új atomerőművi blokkok létesítésének jelenlegi előkészítő fázisában kivitelezési, építési tervek még nem állnak rendelkezésre és a telepítendő blokkok konkrét típusának, illetve szállítójának –a 4.1. alfejeztben bemutatott öt lehetséges blokk típus közül való– kiválasztására sem került még sor.

Jelen tanulmányban bemutatott műszaki megoldások és adatok alapvetően az erőművi berendezéseket gyártók/szállítók előzetes adatszolgáltatására, illetve publikált adataikra, valamint már megvalósult, vagy építés alatt álló hasonló blokkok referenciaadataira, továbbá a Franciaországban és Oroszországban folytatott konzultációk során nyert információkra épülnek.

A jelenleg folyamatban lévő előkészítési fázisban még nem eldöntött a létesítendő atomerőművi blokk típusa, melynek kiválasztására a tendereztetési folyamat során, a potenciális szállítók által benyújtott ajánlatok részletes, műszaki, biztonsági, környezetvédelmi, illetve gazdasági szempontok alapján történő kiértékelését követően kerülhet sor.

A tervek szerint a tendert, melyre a bemutatott öt szállítótól várnak ajánlatokat. A kiírástól számítva mintegy áll rendelkezésre pályázataik elkészítésére, míg a döntés a kiválasztott típusról és szállítóról várható. [37]

Jellemző, hogy a szállítók pontosabb adatokat egy esetleges szerződés megkötése után, annak ismeretében tudnak adni. A humán erőforrás igény függ a rendelkezésre álló megvalósítási időintervallumtól, az elfogadott ütemtervektől és a hazai szerepvállalók termelékenységétől.

A tendereztetési folyamat előrehaladásával, a beszállítói versenyeztetés eredményeként kiválasztott szállítótól kapott munkaerőigény-adatok ismeretében az itt bemutatott adatok kisebb mértékben módosulhatnak.