سمینار : معرفی رشته مهندسی هسته ای در دانشگاه صنعتی شریف
برای داوطلبان ورودی ۱۴۰۰

آشنایی با

رشته مهندسی هسته‌ای

گرایش مهندسی راکتور

محمد باقر غفرانی

محسن غفاری

گروه مهندسی هسته ای
دانشکده مهندسی انرژی
دانشگاه صنعتی شریف

۱۴۰۰/۰۶/۱۰

فهرست مطالب

1. رشته مهندسی هسته ای در دانشگاه صنعتی شریف
2. معرفی گرایش مهندسی راکتور
3. فرصتها و چالشهای گرایش مهندسی راکتور
4. سخن پایانی

فهرست مطالب

1. رشته مهندسی هسته ای در دانشگاه صنعتی شریف
2. معرفی گرایش مهندسی راکتور
3. فرصتها و چالشهای گرایش مهندسی راکتور
4. سخن پایانی

پیشینه رشته مهندسی هسته ای

در دانشگاه صنعتی شریف

- راه اندازی کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای ۱۳۶۴
- راه اندازی کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی ۱۳۷۸
- راه اندازی دکترای مهندسی هسته ای ۱۳۷۹
- راه اندازی دکترای مهندسی سیستمهای انرژی ۱۳۸۱

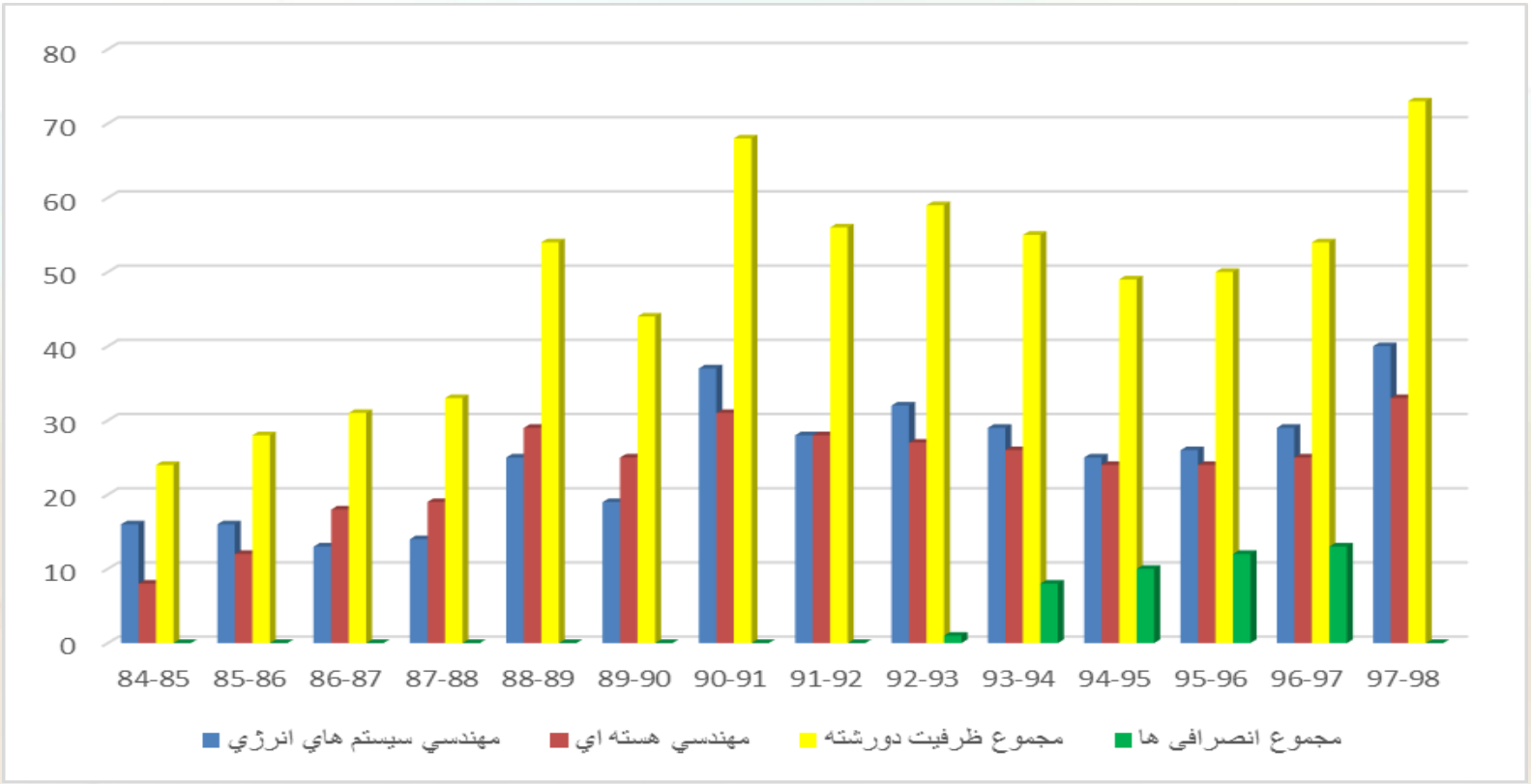
پیشینه تاسیس دانشکده مهندسی انرژی

- موافقت نامه با سازمان انرژی اتمی ایران — ۱۳۸۲/۱۰/۱۰
  احداث ساختمان ، تجهیز دانشکده ، تامین هزینه های راه اندازی
- پیشنهاد اولیه تاسیس دانشکده مهندسی انرژی — مهر ۱۳۸۳
  (علی اکبر صالحی ، یدالله سبوحی ، محمد باقر غفرانی)
- تصویب در شورای تحصیلات تکمیلی و شورای دانشگاه — آبان ۱۳۸۳
- تصویب در شورای گسترش آموزش عالی (تصویب قطعی) — ۱۳۸۴/۱۰/۵
- احداث ساختمان جدید — آذر ۱۳۸۵ – اسفند ۱۳۸۷
- بهره برداری از ساختمان جدید — فروردین ۱۳۸۸

رشته ها وگرایشهای تحصیلی

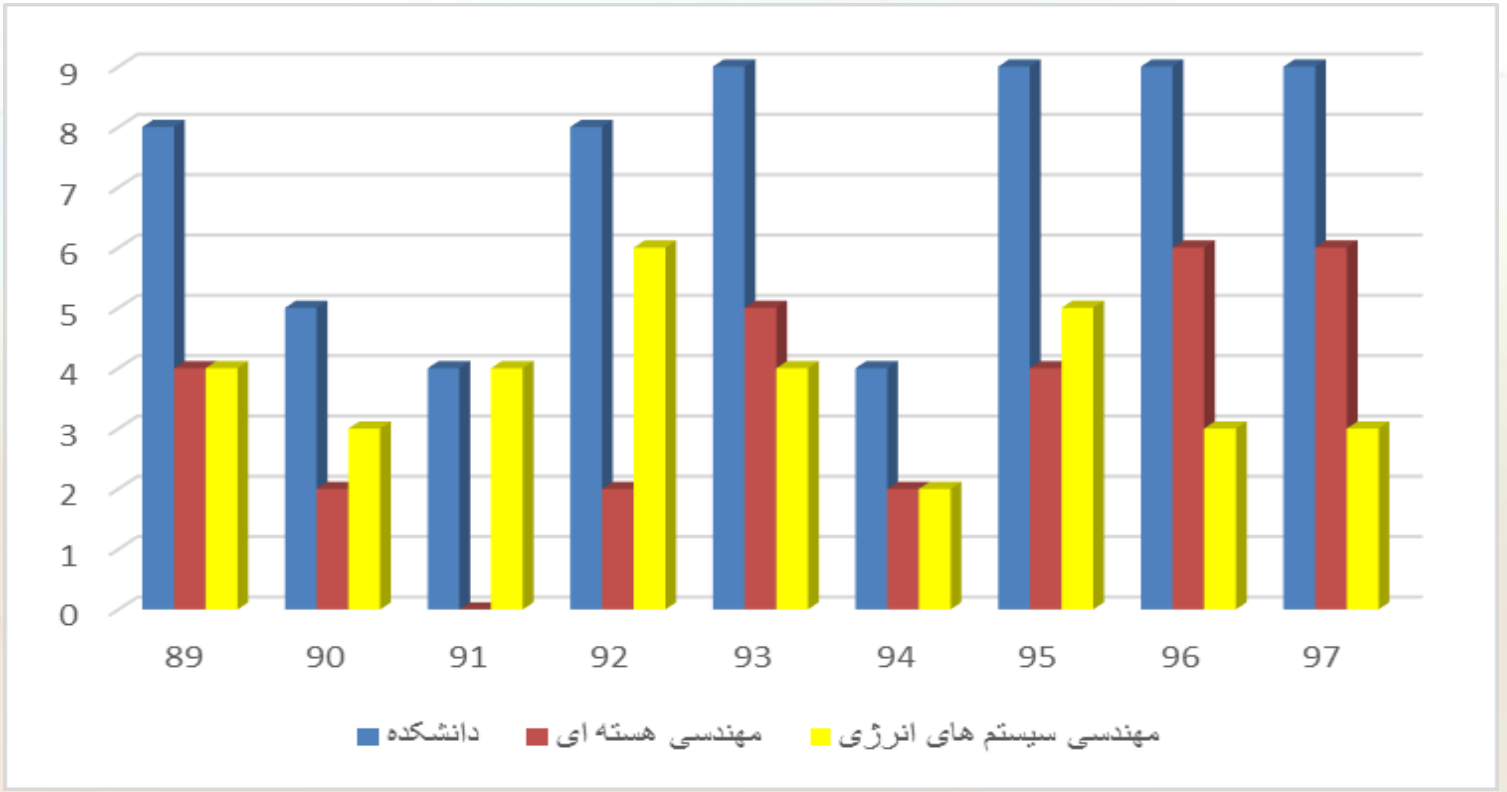
مقطع تحصیلی / رشته تحصیلی	کارشناسی	کارشناسی ارشد (گرایش)	دکتری
مهندسی هسته ای	–	1. مهندسی راکتور 2. مهندسی چرخه سوخت 3. کاربرد پرتوها و رادیوایزوتوپها 4. مهندسی پرتوپزشکی	1. مهندسی انرژی هسته ای ۱.۱. مهندسی راکتور ۲.۱. چرخه سوخت ۳.۱. کاربرد پرتوها 2. مهندسی پرتوپزشکی
مهندسی سیستمهای انرژی	دوره فرعی	1. مدلسازی انرژی 2. فناوریهای انرژی 3. انرژی و محیط زیست	مهندسی سیستمهای انرژی

نمودار سالانه ظرفیت پذیرش دانشجو (ارشد)



دانشجویان

نمودار سالانه ظرفیت پذیرش دانشجو (دکتری)



تعداد کل دانشجویان

نیم سال اول ۱۳۹۹–۱۴۰۰

مقطع تحصیلی / رشته تحصیلی	کارشناسی	کارشناسی ارشد	دکتری	جمع
مهندسی هسته ای	–	62	20	82
مهندسی سیستمهای انرژی	–	82	24	106
جمع کل	–	144	44	188

دانش آموختگان

رشته	مقطع	تعداد دانش آموختگان	
		از ابتدای شروع به فعالیت	از زمان انتقال دانشکده به محل جدید (۱۳۸۸)
مهندسی هسته ای	ارشد	۴۱۳	۱۸۰
	دکتری	۱۶	۱۱
مهندسی سیستم های انرژی	ارشد	۳۲۹	۱۹۱
	دکتری	۱۶	۱۶

کادر هیات علمی

۱۴۰۰

هیات علمی / رشته تحصیلی	مرتبه علمی	تمام وقت	همکار
مهندسی هسته ای	استاد	۲	۱
	دانشیار	۲	۱
	استادیار	۳	–
	مربی	۱	
مهندسی سیستمهای انرژی	استاد	۲	۲
	دانشیار	۴	۱
	استادیار	۳	–
جمع دانشکده	استاد	۴	۳
	دانشیار	۶	۲
	استادیار	۶	–
	مربی	۱	
جمع کل		۱۷	۵

کادر هیات علمی

۱۳۹۸-۹۹

هیات علمی / رشته تحصیلی	تمام وقت	همکار	
مهندسی هسته ای	1. محمد اتوکش 2. ابوالفضل حسینی 3. علی اکبر صالحی 4. محمد صمد فام 5. خلیل مشکبار بخشایش 6. ناصر وثوقی 7. محسن غفاری 8. حمید رضا سلامی (مربی) 9. محمد باقر غفرانی (بازنشسته)	1. امیر موافقی 2. وثوقی وحدت	سازمان انرژی اتمی مهندسی مکانیک مهندسی برق
مهندسی سیستمهای انرژی	1. مهرداد بروشکی 2. عباس رجبی 3. رامین روشندل 4. ید الله سبوحی 5. سورنا ستاری 6. اکرم عوامی 7. معین معینی 8. عباس ملکی 9. حسین خواجه پور	1. علیرضا مشفق 2. مهرداد منظری 3. بهشاد شفیعی	فیزیک مهندسی مکانیک مهندسی مکانیک
جمع	۱ +۱۷	۵	

فهرست مطالب

1. رشته مهندسی هسته ای در دانشگاه صنعتی شریف
2. معرفی گرایش مهندسی راکتور
3. فرصتها و چالشهای گرایش مهندسی راکتور
4. سخن پایانی

گرایش مهندسی راکتور

برنامه آموزشی و درسی

درسهای اصلی

- فیزیک راکتور ۱
- فیزیک راکتور ۲
- انتقال حرارت هسته ای
- فیزیک بهداشت
- تکنولوژی نیروگاههای هسته ای

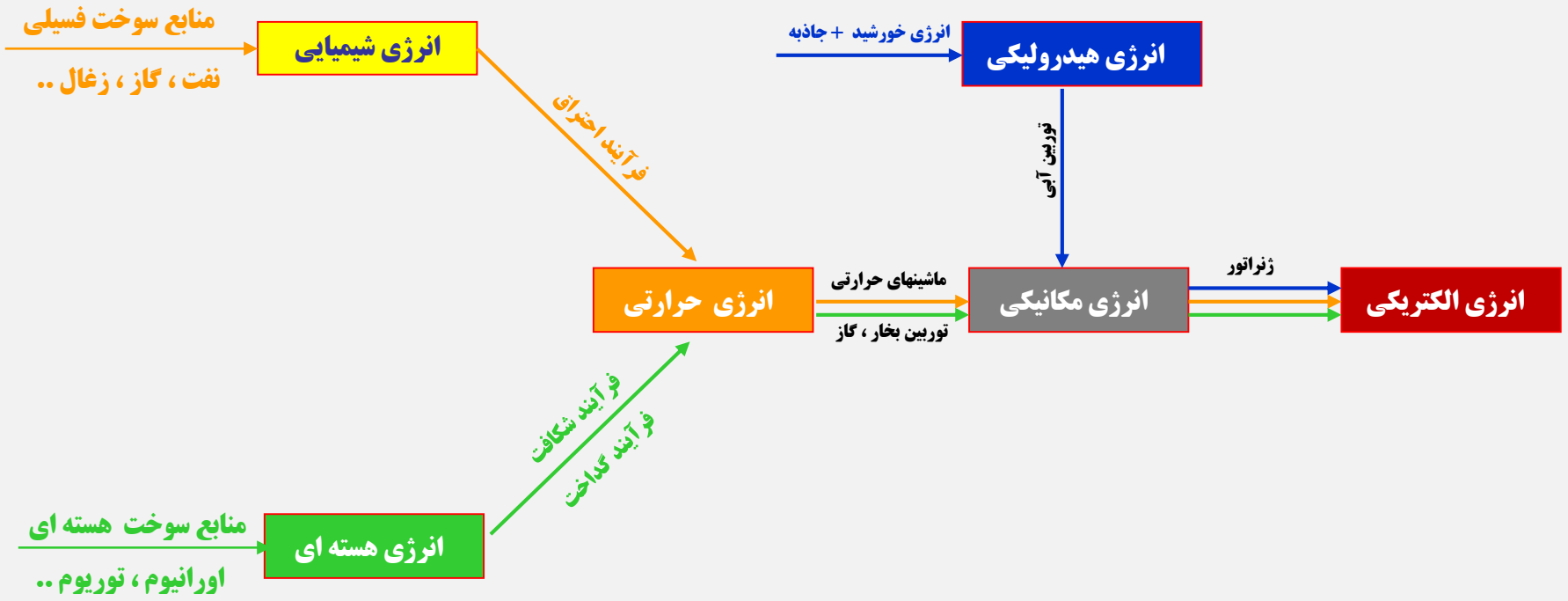
درسهای اختیاری

- دینامیک راکتور
- مدیریت سوخت در راکتور
- ایمنی نیروگاههای هسته ای
- روش مونت کارلو
- ترابرد پرتوها

درسهای جبرانی

- فیزیک هسته ای کاربردی (ورودیهای مهندسی)
- کنترل (ورودیهای فیزیک)

فرآیند تبدیل انرژی در نیروگاههای هسته ای و فسیلی



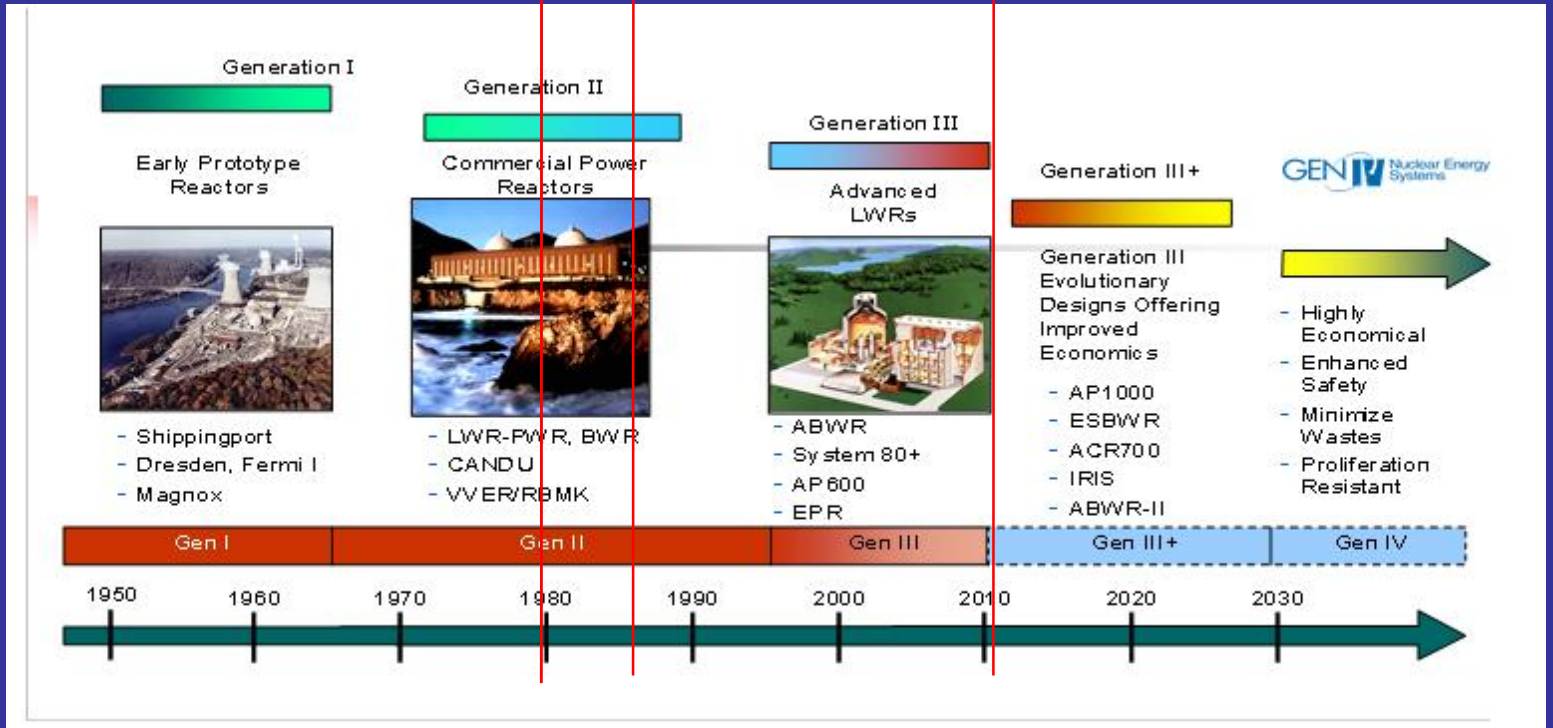
سیر تحول توسعه نیروگاههای هسته ای

نسلهای مختلف راکتور

TMI 1979

Chernobyl 1986

Fukushima 2011



نمونه های اولیه صنعتی	تجاری سازی بلوغ فناوری	ارتقای ایمنی	ارتقای ایمنی ساده سازی	ایمنی ذاتی کاهش هزینه کاهش پسماندها

طبقه بندی انواع راکتور هسته ای

TABLE X. CLASSIFICATION OF POWER REACTOR TYPES

Reactor type	Symbol	Neutron Energy	Fuel		Coolant		Moderator
			Fissile concentration	Form			
Pressurized light-water moderated and cooled	PWR	Thermal	Slightly enriched	UO_2	Water	Light water	Light water
Boiling light-water cooled and moderated	BWR	Thermal	Slightly enriched	UO_2	Water	Light water	Light water
Pressurized heavy-water moderated and cooled	PHWR	Thermal	Natural	UO_2	Water	Heavy Water	Heavy Water
Heavy-water moderated, boiling light-water cooled	HWLWR	Thermal	Natural	UO_2	Water	Light water	Heavy Water
Steam-generating heavy water	SGHWR	Thermal	Slightly enriched	UO_2	Water	Light water	Heavy Water
Light-water cooled, graphite moderated	LWGR	Thermal	Slightly enriched	U-metal or UO_2	Water	Light water	Graphite
Gas-cooled, graphite moderated	GCR	Thermal	Natural	U-metal	Gas	Carbon dioxide	Graphite
Advanced gas-cooled, graphite moderated	AGR	Thermal	Slightly enriched	UO_2	Gas	Carbon dioxide	Graphite
High-temperature gas-cooled, graphite moderated	HTGR	Thermal	Highly enriched	$UO_2 + ThC_2$	Gas	Helium	Graphite
Heavy-water moderated, gas-cooled	HWGCR	Thermal	Natural	U-metal or UO_2	Gas	Carbon dioxide	Heavy Water
Fast breeder	FBR	Fast	Highly enriched	$(U + Pu) O_2$ $(U + Pu) C$	Liquid metal	Liquid sodium	None

طبقه بندی انواع راکتور هسته ای

	کند کننده	سیال خنک کننده	نوع سوخت	غنای سوخت٪	نوع راکتور
راکتورهای با نوترون حرارتی	H_2O	H_2O	UO_2	۳/۵	آب سبک تحت فشار PWR
		H_2O	UO_2	۲/۵	آب سبک جوشان BWR
	D_2O	D_2O	UO_2	طبیعی	آب سنگین تحت فشار PHWR (CANDU)
	Gr	CO_2	Umetal	طبیعی	گرافیت -گاز با اورانیوم طبیعی UnGG/Magnox
		CO_2	UO_2	۱/۷-۲/۳	گرافیت -گاز پیشرفته AGR
		He	$UC-UC_2$ UO_2-ThC_2	۷-۱۰	گرافیت - گاز با دمای بالا HTR
		H_2O	UO_2	۲/۴	گرافیت - آب سبک* LWGR(RBMK)
راکتورهای با نوترون سریع	-	Na K	PuO_2/UO_2	۱۵-۲۰	زاینده سریع با فلز مذاب LMFBR

* راکتور چرنوبیل

توزیع انواع نیروگاههای هسته ای در جهان

2015

نوع راکتور		در حال بهره برداری			درحال ساخت		
		تعداد	ظرفیت GWe	درصد	تعداد	ظرفیت GWe	درصد
آب سبک LWR	PWR	282	264	74	57	58	89.2
	BWR	78	75	19.6	4	3.9	6
	جمع	360	339	**88.6**	64	61.9	**89.3**
آب سنگین (HWR)		49	24.6	**6.4**	4	2.5	**4**
گازی (GCR)		14	7.7	**2.0**	1	0.2	**0.01**
سایر (LWGR + FBR)		18	11.6	**3**	1	0.5	**0.01**
جمع کل		441	383	**100**	67	65	**100**

توزیع انواع نیروگاههای هسته ای در جهان

2010

نوع راکتور		در حال بهره برداری			درحال ساخت		
		تعداد	ظرفیت GWe	درصد	تعداد	ظرفیت GWe	درصد
آب سبک LWR	PWR	269	248	66	46	44	86
	BWR	92	84	22	3	4	8
	جمع	361	332	**88**	49	48	**94**
آب سنگین (HWR)		46	23	**6**	3	1	**2**
گازی (GCR)		18	9	**2.5**	-	-	**-**
سایر (LWGR + FBR)		16	11	**3**	3	2	**4**
جمع کل		441	375	**100**	55	51	**100**

آمار استفاده از انرژی هسته ای

وضعیت استفاده از انرژی هسته ای در جهان

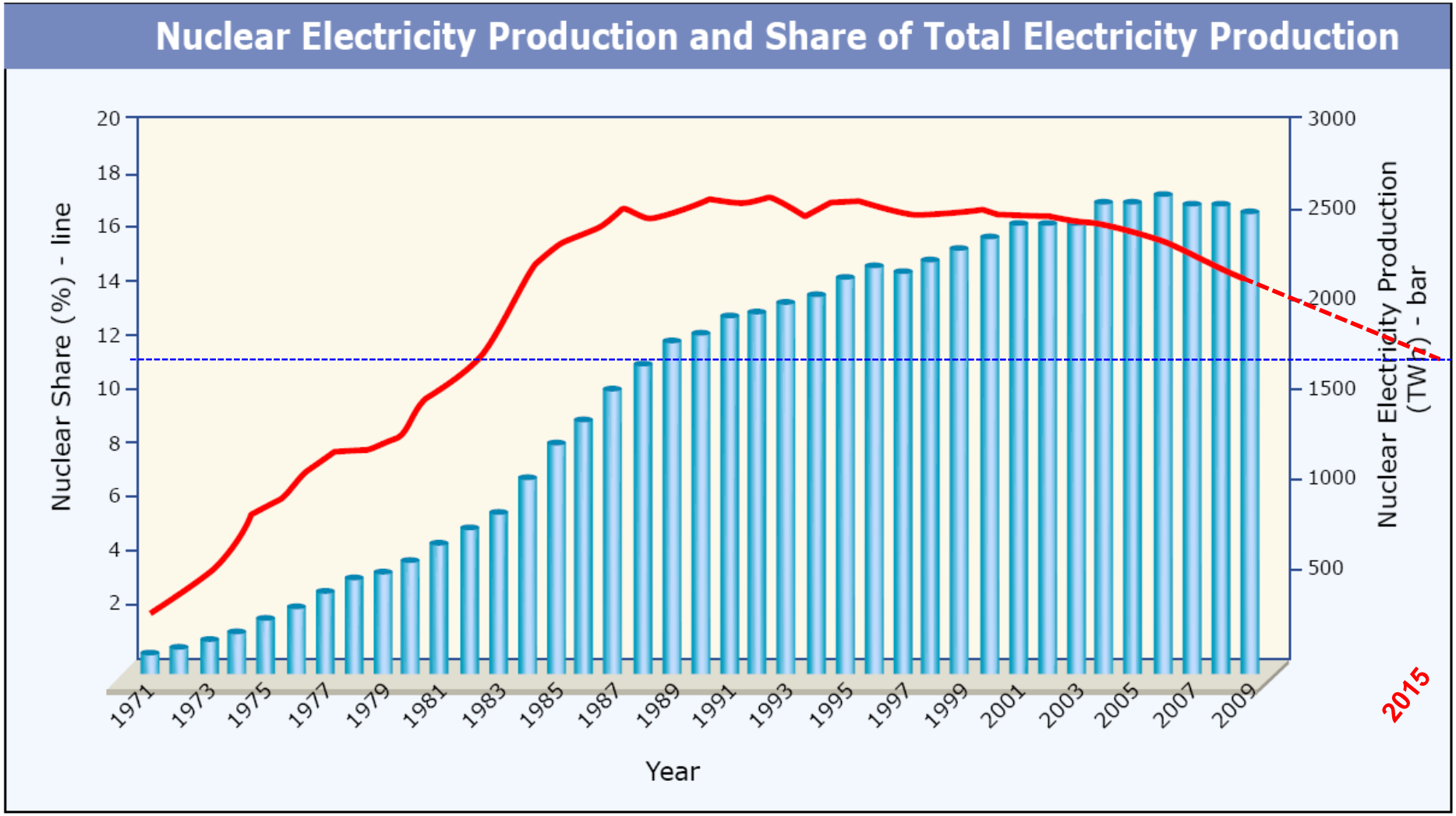


Image by MIT OpenCourseWare. Adapted from the World Nuclear Association.

آمار استفاده از انرژی هسته ای

راکتورهای هسته ای درحال کار و در دست ساخت (2015)

TABLE 1. NUCLEAR POWER REACTORS IN THE WORLD (end of 2015)

Group and Country	In Operation		Long-term Shut-Down Reactors		Under Construction		Electricity Supplied by Nuclear Power Reactors in 2015	
	Number of Units	Total MW(e)	Number of Units	Total MW(e)	Number of Units	Total MW(e)	TWh	Percent of Total Electricity
North America								
Canada	19	13524					95.6	16.6
United States of America	99	99185			5	5633	798.0	19.5
Latin America								
Argentina	3	1632			1	25	6.5	4.8
Brazil	2	1884			1	1245	13.9	2.8
Mexico	2	1440					11.2	6.8
Western Europe								
Belgium	7	5913					24.8	37.5
Finland	4	2752			1	1600	22.3	33.7
France	58	63130			1	1630	419.0	76.3
Germany	8	10799					86.8	14.1
Netherlands	1	482					3.9	3.7
Spain	7	7121	1	446			54.8	20.3
Sweden	10	9648					54.5	34.3
Switzerland	5	3333					22.2	33.5
United Kingdom	15	8918					63.9	18.9
Eastern Europe								
Armenia	1	375					2.6	34.5
Belarus					2	2218		
Bulgaria	2	1926					14.7	31.3
Czech Republic	6	3930					25.3	32.5
[illegible]	[illegible]	[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Iran, Islamic Republic of	1	915					3.2	1.3
Pakistan	3	690			3	1644	4.3	4.4
United Arab Emirates					4	5380		
Far East								
China	31	26774			24	24128	161.2	3.0
Japan	43	40290	1	246	2	2650	4.3	.5
Korea, Republic of	24	21733			4	5400	157.2	31.7
World Total*	441	385655	2	692	68	67442	2441.3	11.2

آمار استفاده از انرژی هسته ای

توزیع انواع راکتورهای هسته ای درجهان (2015)

TABLE 2. TYPE AND NET ELECTRICAL POWER OF OPERATIONAL REACTORS, 31 DEC. 2015

Country	PWR		BWR		GCR		PHWR		LWGR		FBR		Total	
	No.	MW(e)	No.	MW(e)	No.	MW(e)	No.	MW(e)	No.	MW(e)	No.	MW(e)	No.	MW(e)
ARGENTINA							3	1632					3	1632
ARMENIA	1	375											1	375
BELGIUM	7	5913											7	5913
BRAZIL	2	1884											2	1884
BULGARIA	2	1926											2	1926
CANADA							19	13624					19	13624
CHINA	28	25480					2	1364			1	20	31	26774
CZECH REP.	6	3930											6	3930
FINLAND	2	982	2	1760									4	2752
FRANCE	58	63130											58	63130
GERMANY	6	8227	2	2572									8	10799
HUNGARY	4	1889											4	1889
INDIA	1	917	2	300			18	4091					21	5308
IRAN, ISL. REP.	1	915											1	915
JAPAN	21	17705	22	22835									43	40540
KOREA, REP. OF	20	19080					4	2643					24	21723
MEXICO			2	1440									2	1440
NETHERLANDS	1	482											1	482
PAKISTAN	2	690					1	90					3	690
ROMANIA							2	1300					2	1300
RUSSIA	19	13875							15	10219	2	1340	35	25443
SLOVAKIA	4	1814											4	1814
SLOVENIA	1	688											1	688
SOUTH AFRICA	2	1860											2	1860
SPAIN	6	6837	1	1064									7	7121
SWEDEN	3	2965	7	6883									10	9848
SWITZERLAND	3	1760	2	1600									5	3333
UK	1	1188			14	7720							15	8908
UKRAINE	15	13107											15	13107
USA	65	64872	34	34813									99	99685
TOTAL	202	203785	78	75308	14	7720	49	24634	15	10219	3	1360	441	382826

Notes:

1. The totals include 6 units, 5052 MW in Taiwan, China.

2. During 2015, 10 reactors, 9493 MW were newly connected to the grid.

آمار استفاده از انرژی هسته ای

برآورد تولید انرژی الکتریکی و سهم انرژی هسته ای (2015)

TABLE 4. ESTIMATES OF TOTAL ELECTRICITY GENERATION AND CONTRIBUTION BY NUCLEAR POWER[a]

Country Group		2015			2020			2030			2050[b]		
		Total Elect. TW·h	Nuclear		Total Elect. TW·h	Nuclear		Total Elect. TW·h	Nuclear		Total Elect. TW·h	Nuclear	
			TW·h	%		TW·h	%		TW·h	%		TW·h	%
North America		4668	893.6	19.1	4698 4724	853 930	18.2 19.7	4892 4942	729 993	14.9 20.1	5144	484 1049	9.4 20.4
Latin America		1427	31.6	2.2	1842 1905	34 37	1.9 1.9	2977 4306	63 99	2.1 2.3	6289	89 283	1.4 4.5
Western Europe		3156	752.1	23.8	3272 3361	752 815	23.0 24.3	3419 4311	607 881	17.8 20.4	5064	386 947	7.6 18.7
Eastern Europe		1855	353.0	19.0	2023 2065	386 411	19.1 19.9	2188 2769	393 597	18.0 21.6	3800	605 914	15.5 23.5
Africa		720	11.0	1.5	990 1098	14 14	1.4 1.3	1935 2572	23 70	1.2 2.7	6403	64 187	1.0 2.8
Middle East and South Asia		2225	42.2	1.9	2957 3337	84 124	2.8 3.7	6307 8151	219 376	3.5 4.6	21353	446 932	2.1 4.3
South East Asia and the Pacific		907			1100 1129			1665 2189	0 0	0.0 0.0 0.0	4609	40 93	0.9 2.0 0.0
Far East		6898	357.9	5.2	7916 8767	635 772	8.0 8.8	10564 12917	985 1543	9.3 11.9	19385	1244 2831	6.4 14.5
World Total	Low Estimate	21856	2441.3	11.2	24798	2728	11.1	32937	3019	8.9	72037	3359	4.7
	High Estimate				26386	3103	11.8	40159	4060	10.8		7236	10.0

[a] The nuclear generation data presented in this table and the nuclear capacity data presented in Table 3 cannot be used to calculate average annual capacity factors for nuclear plants, as Table 3 presents year-end capacity and not the effective capacity average over the year.

[b] Projected figures for total electricity generation are the arithmetic average between low and high estimates.

آمار استفاده از انرژی هسته ای

سهم انرژی هسته ای
در تولید انرژی الکتریکی
در کشورهای مختلف
(2015)

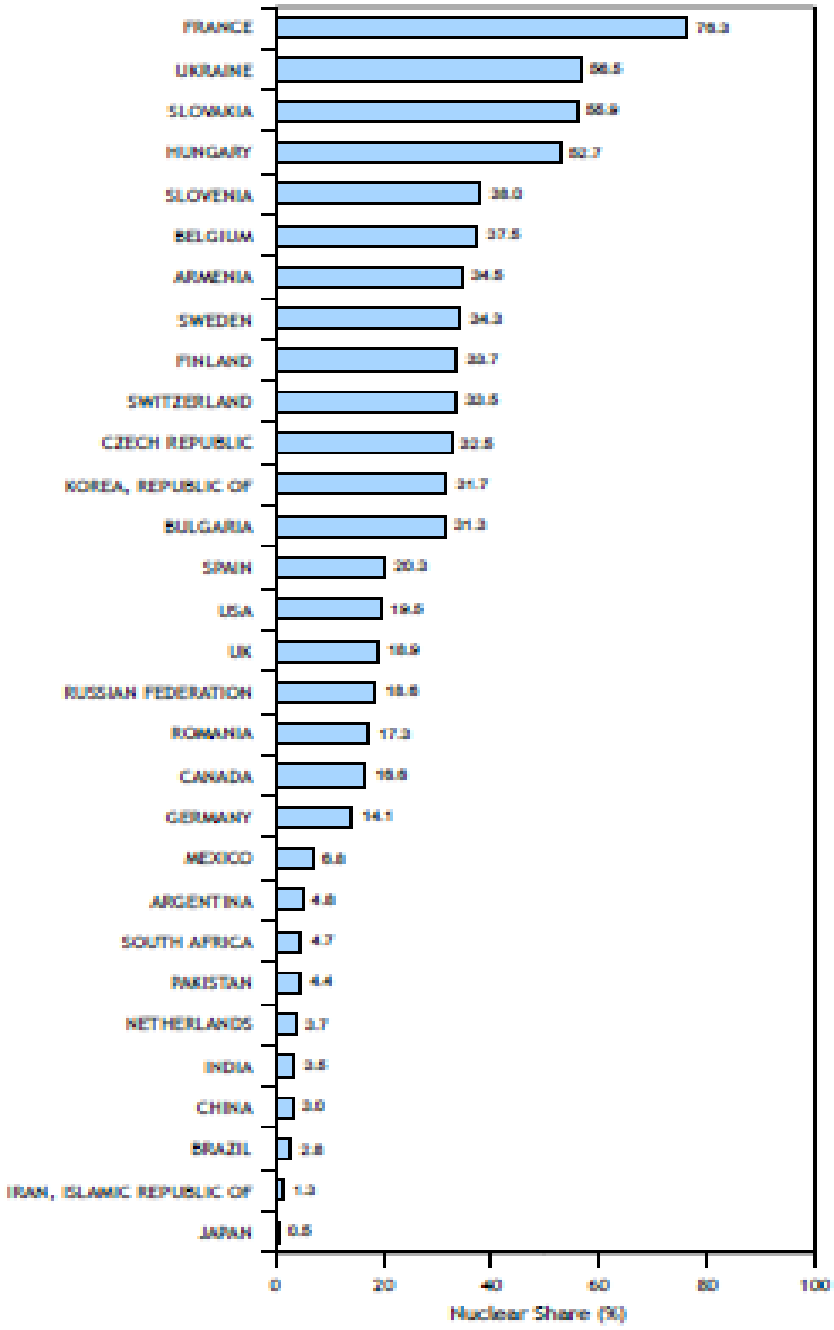
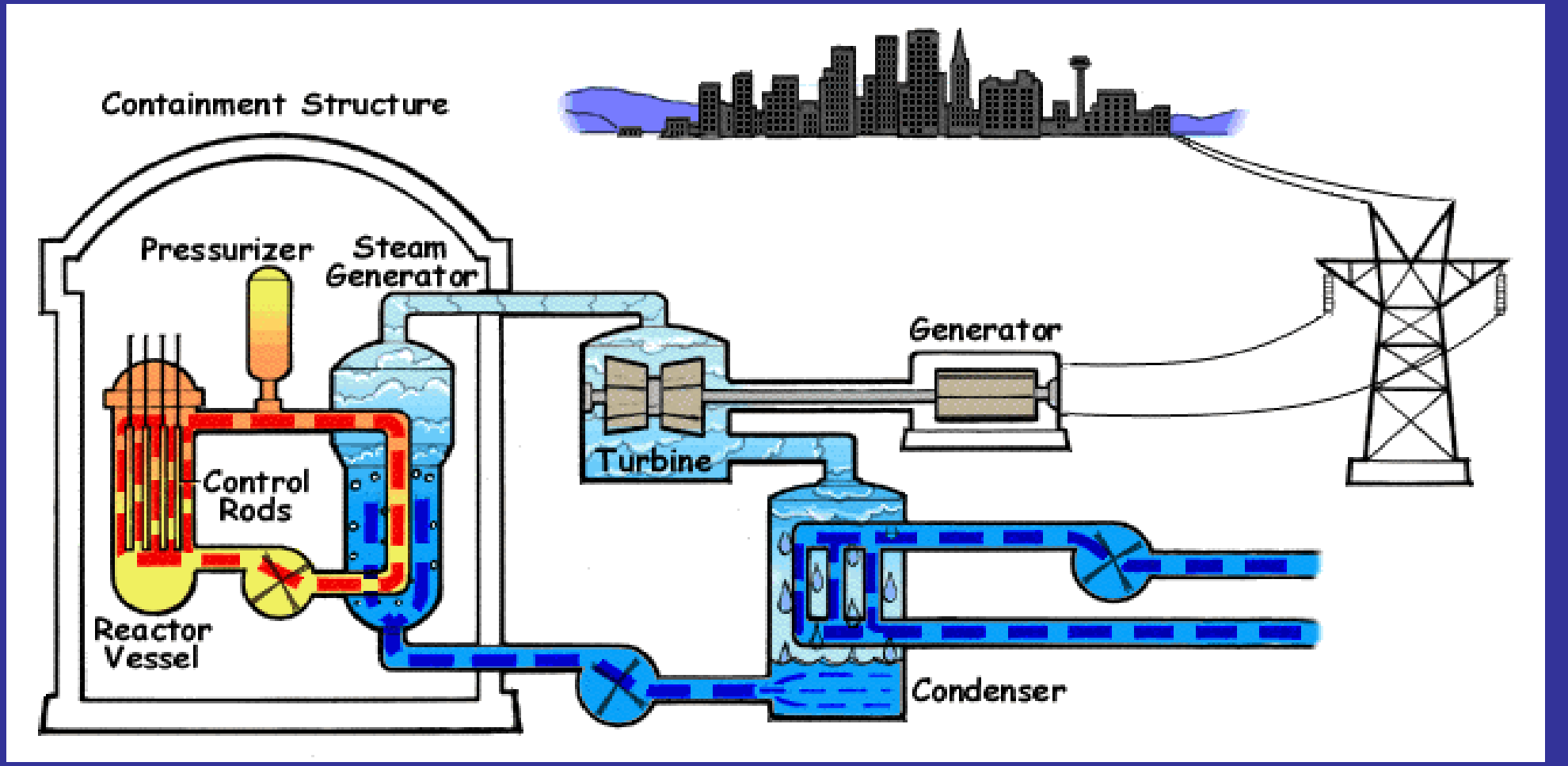


FIGURE 1. NUCLEAR SHARE OF TOTAL ELECTRICITY GENERATION IN 2015

راکتورهای با آب سبک (LWR)

نوع با آب تحت فشار (PWR)

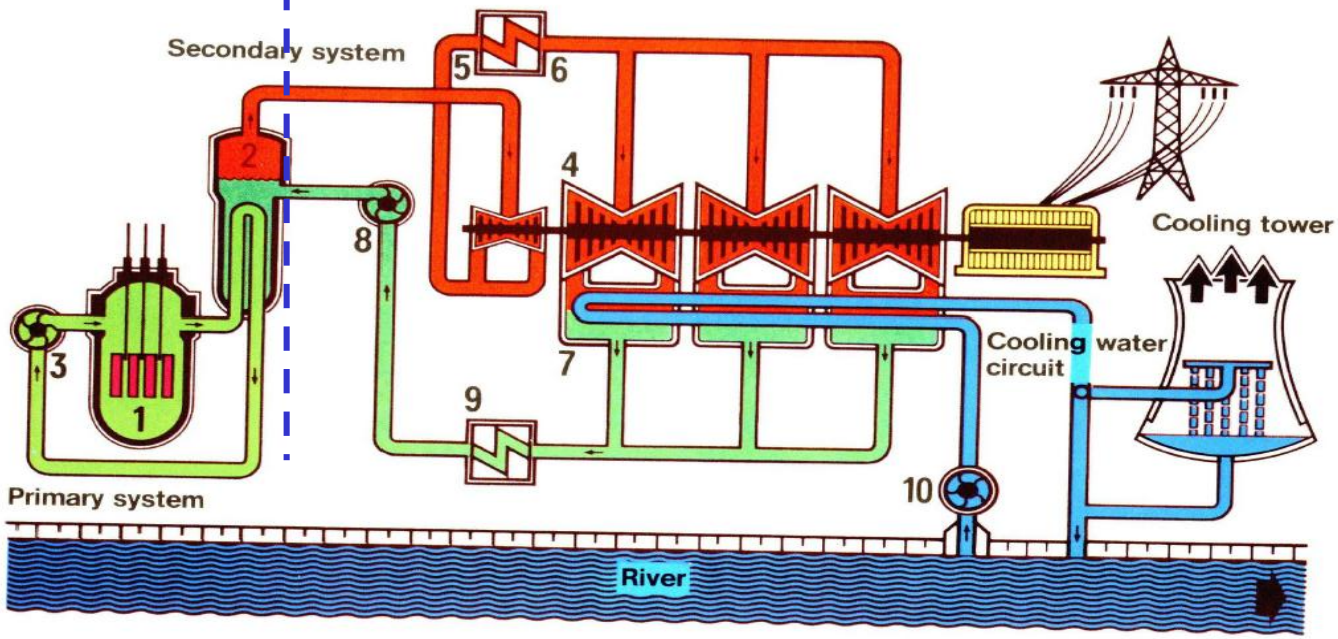


راکتورهای با آب سبک (LWR)

نوع با آب تحت فشار (PWR)

Nuclear Island
Nuclear SteamPlant

Conventional Island
Thermodynamic Cycles



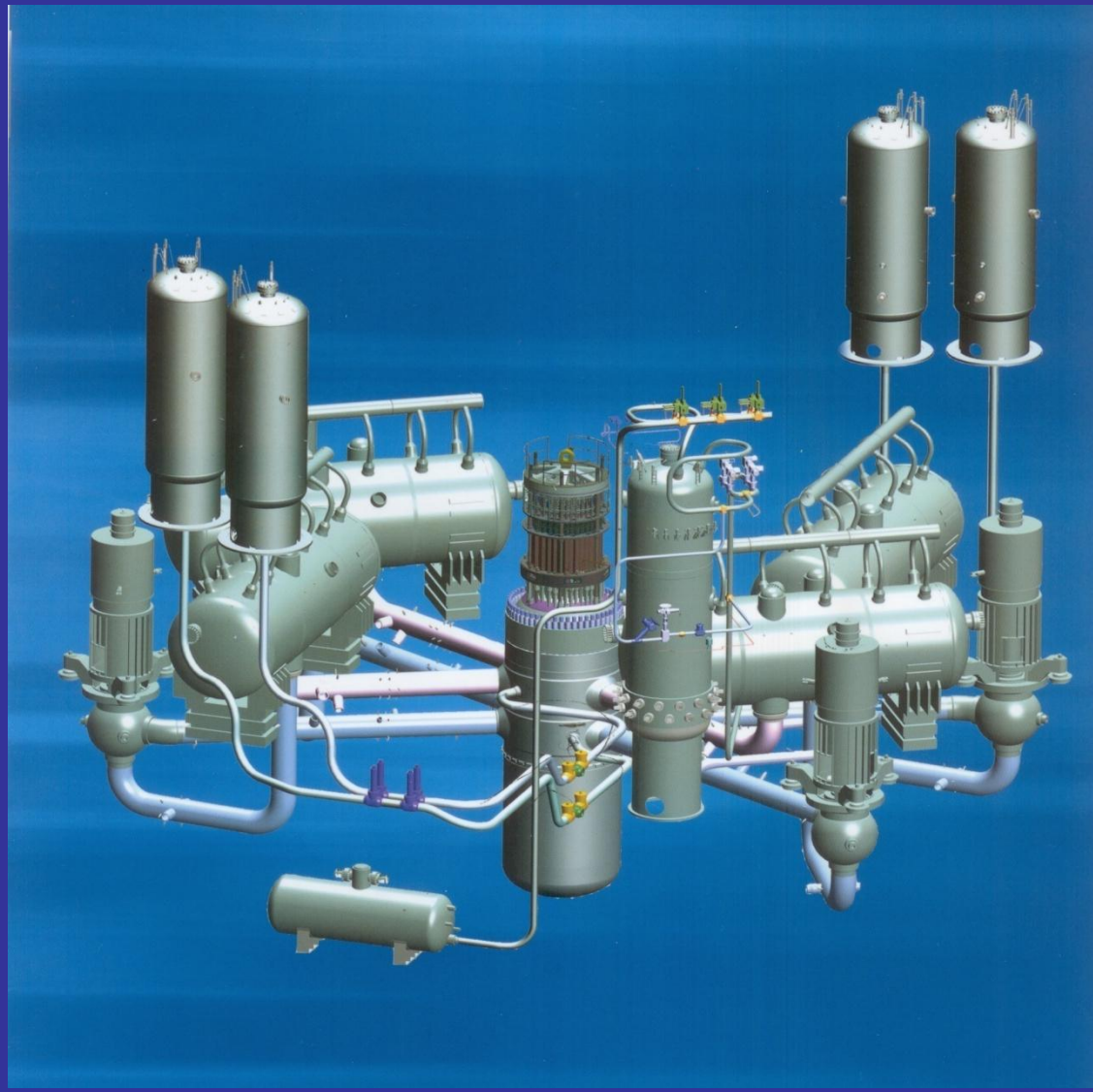
Nuclear power plant with PWR, circuits

1 Reactor
2 Steam generator
3 Reactor coolant pump
4 Turbine-generator set
5 Water separator
6 Reheater
7 Condenser
8 Feed water pump
9 Pre-heater
10 Cooling water pump

Fig. 7

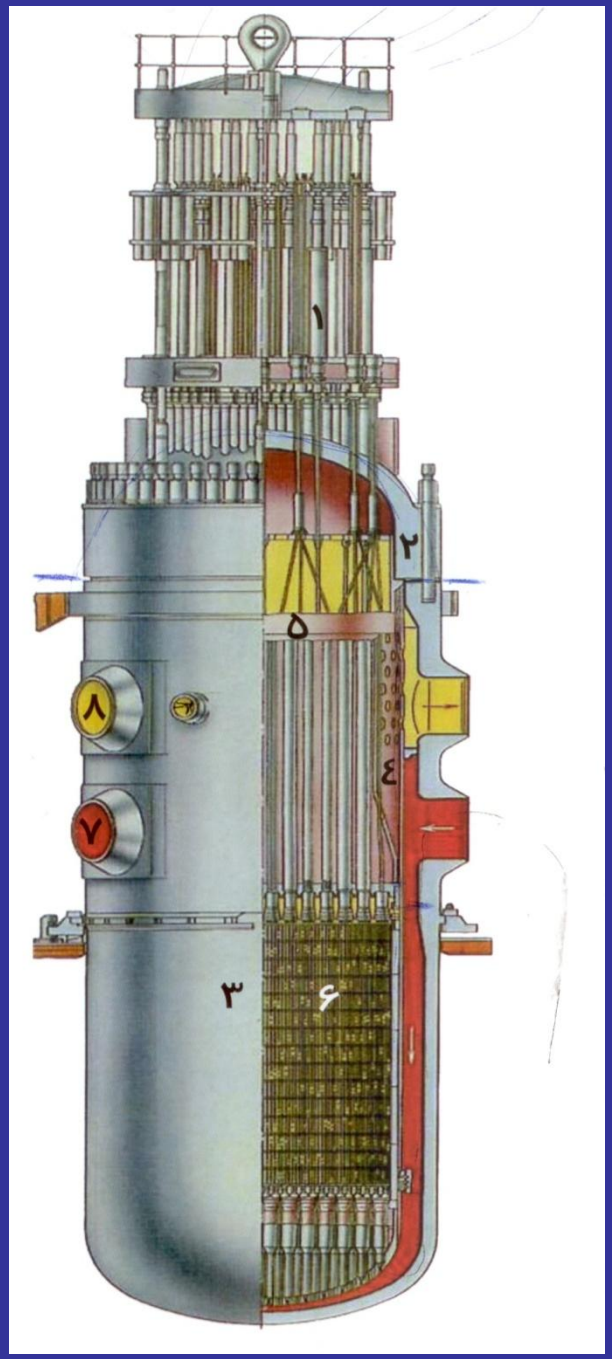
راکتورهای با آب سبک (LWR)

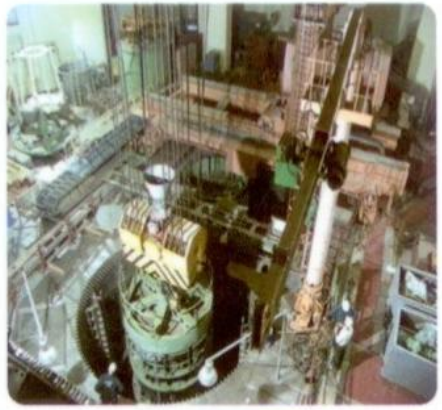
نوع با آب تحت فشار (VVER روسی)



راکتورهای با آب سبک (LWR)

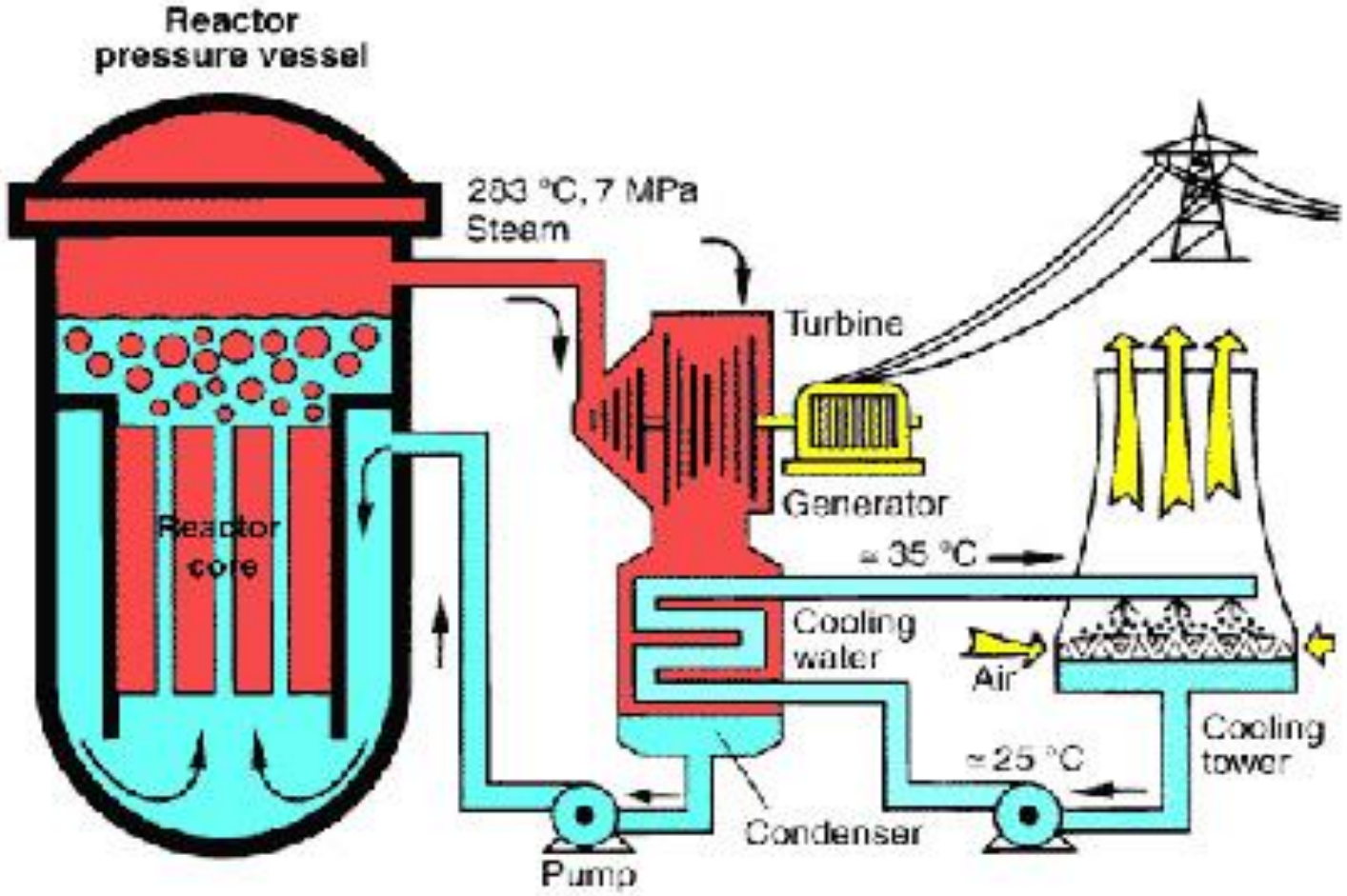
نوع با آب تحت فشار (PWR)





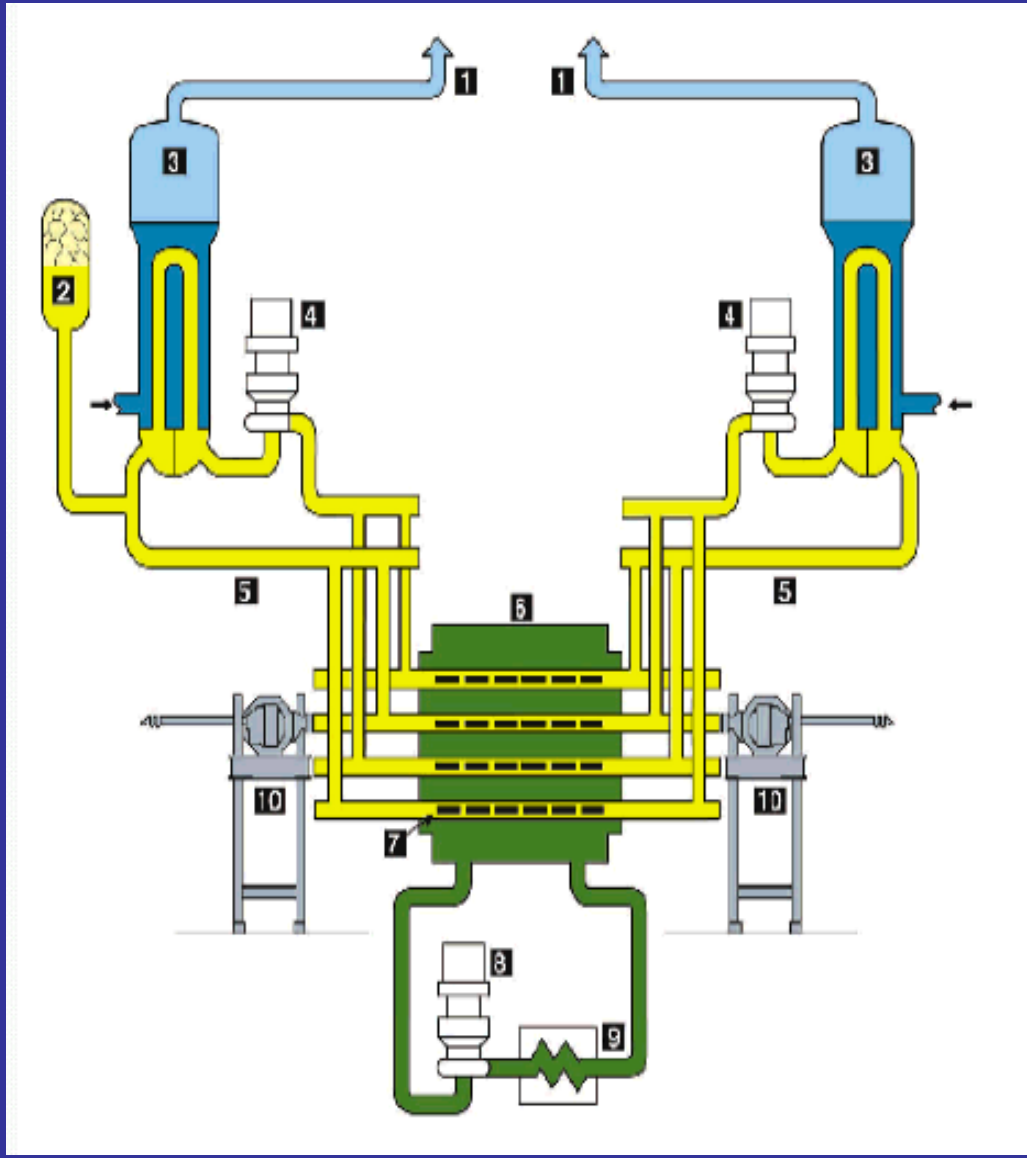
راکتورهای با آب سبک (LWR)

نوع با آب جوشان (BWR)



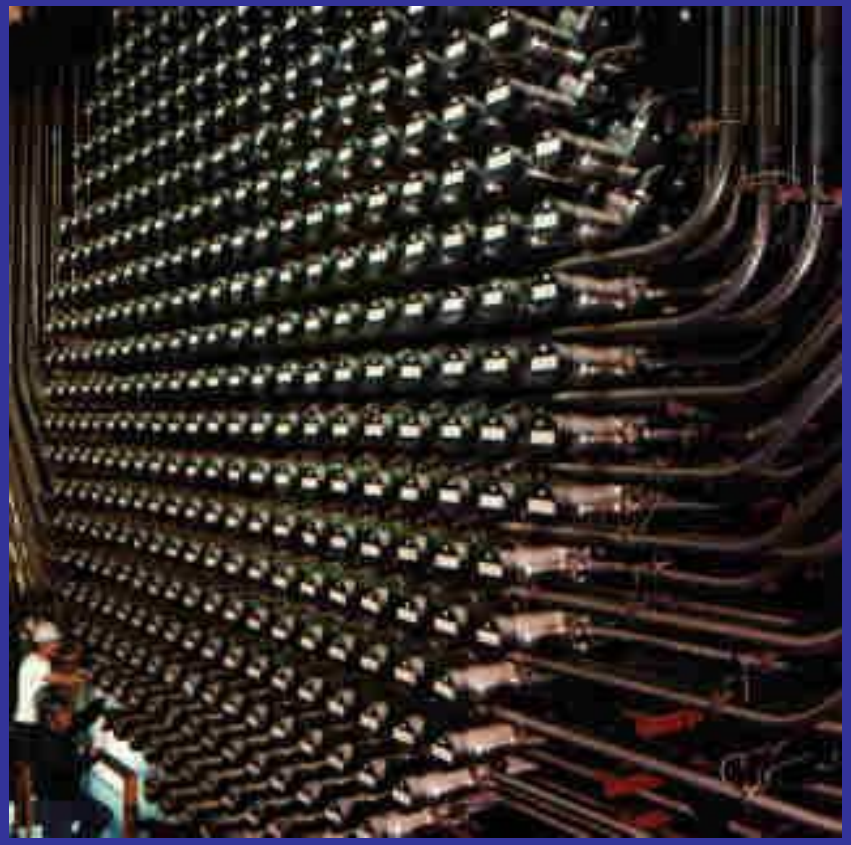
نیروگاه هسته ای با آب سنگین

HWR (CANDU)



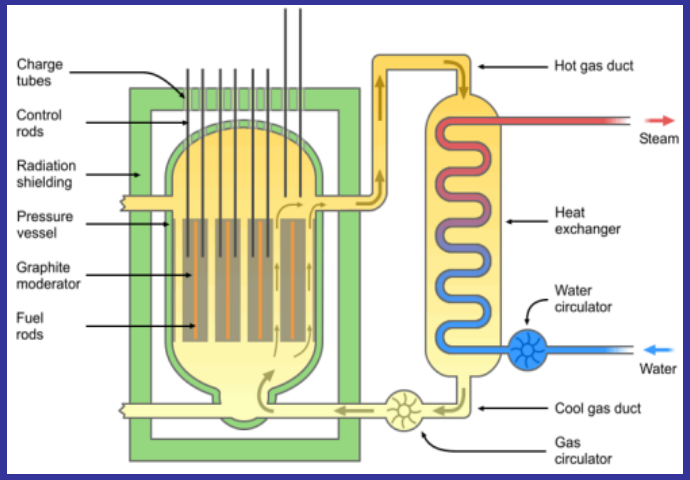
Pressure Tube type HWR (CANDU)

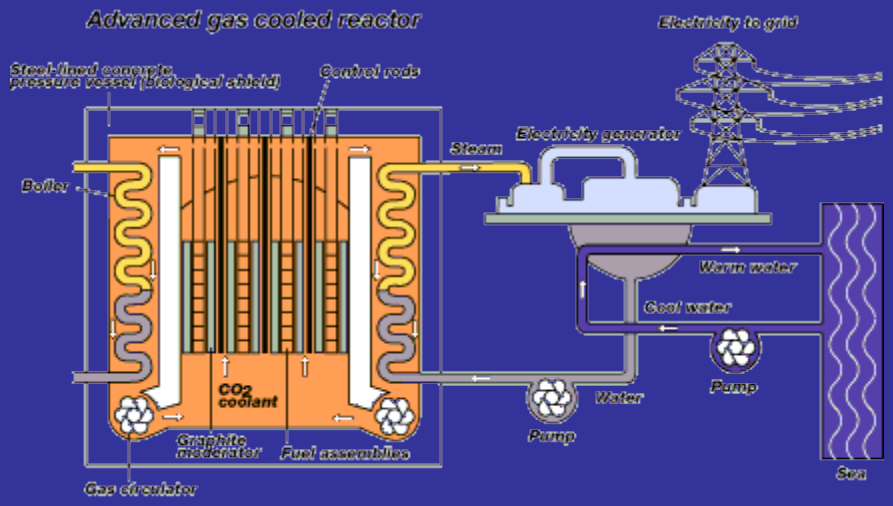
D2O cooled , D2O moderated

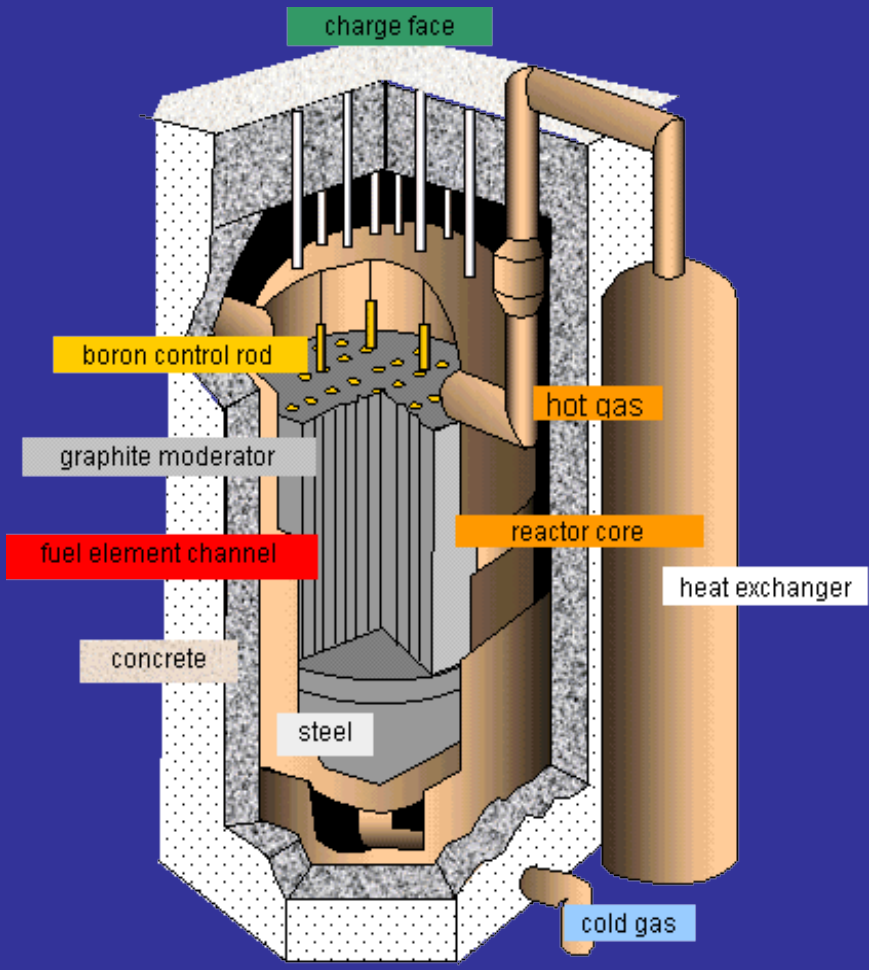


راکتورهای گرافیت گاز (GCR)

Magnox, AGR

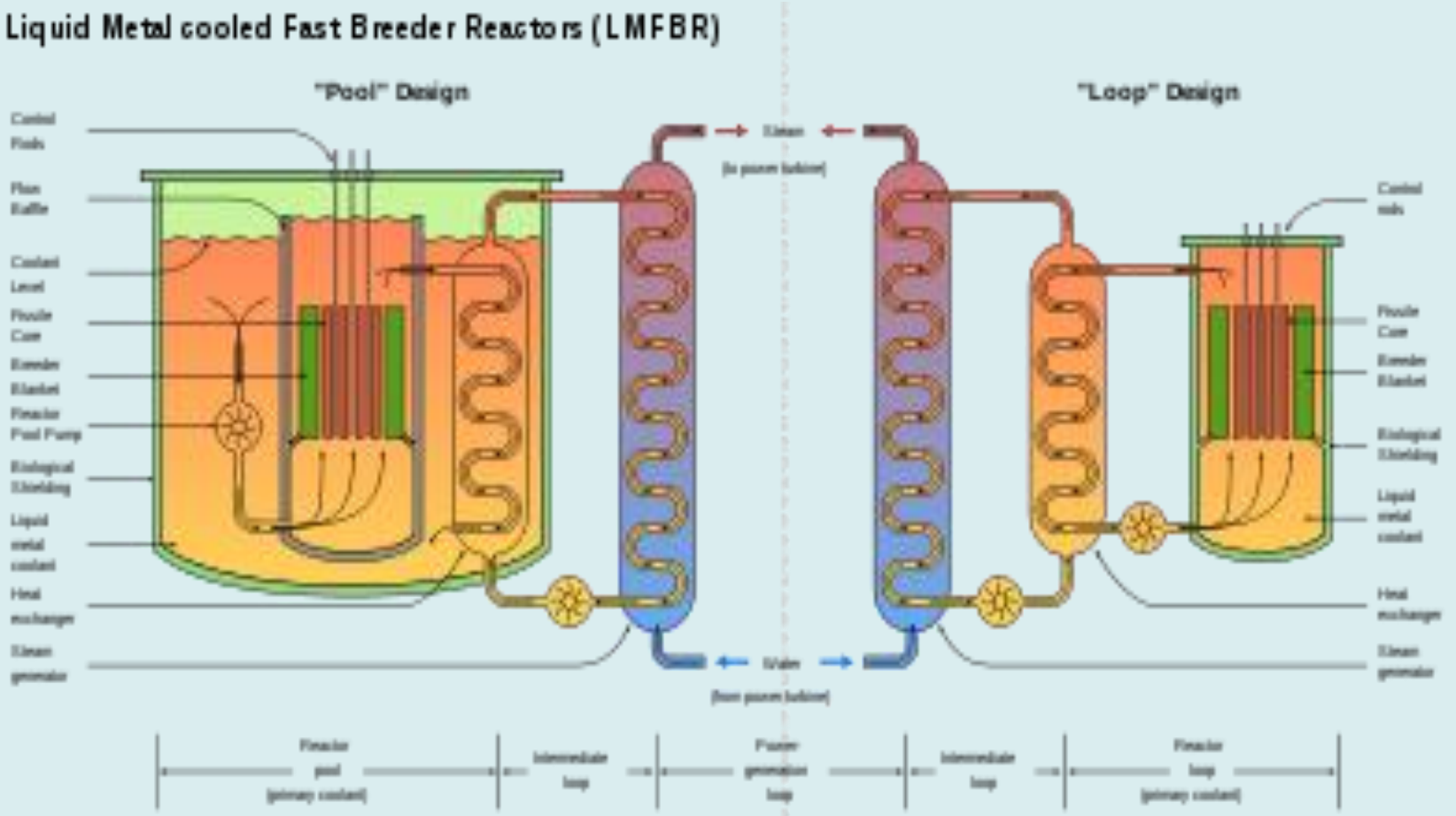






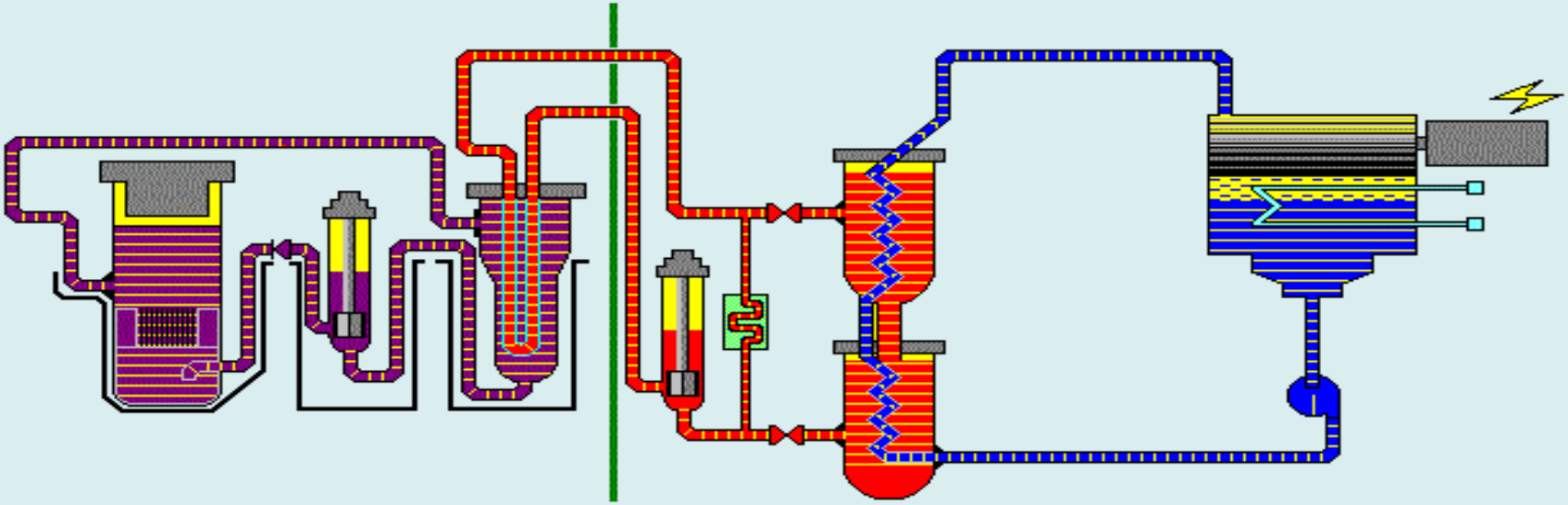
راکتورهای زاینده سریع

LMFBR



نیروگاه هسته ای زاینده سریع

Fast Breeder Reactor (FBR)



Primary sodium loop

Fuel UO_2/PuO_2

Enrichment 20%

Core size D=1.8m H=1m

Pressure 8bar

Temperature 530°C

Secondary sodium loop

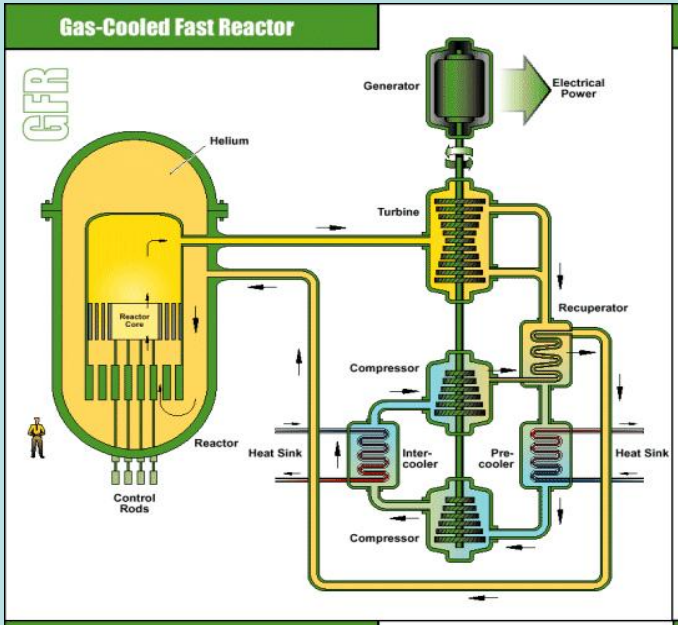
Turbine cycle

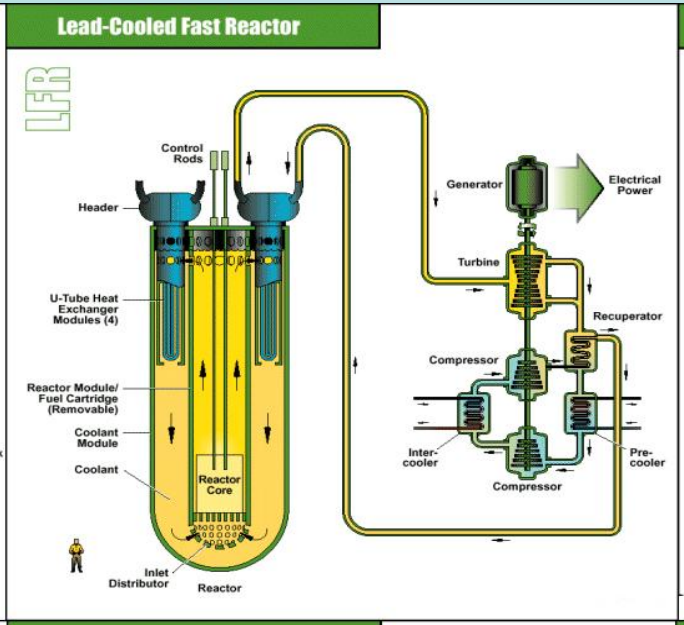
Pressure 120bar

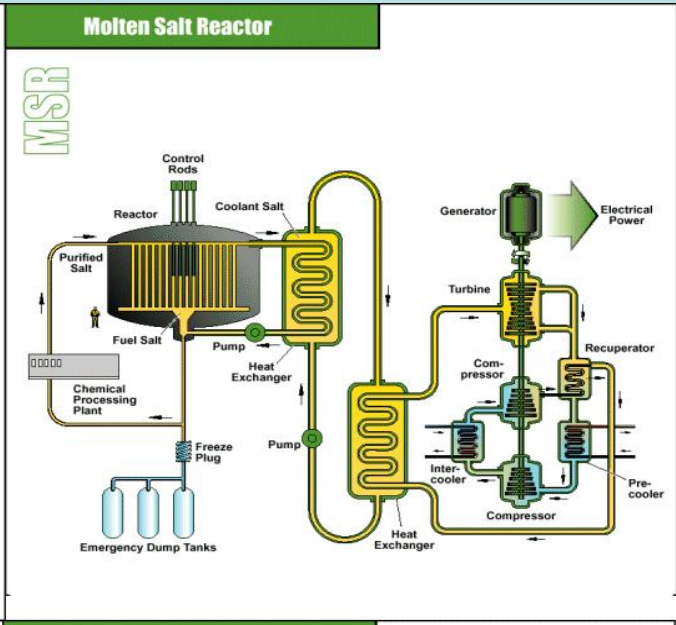
Temperature 480°C

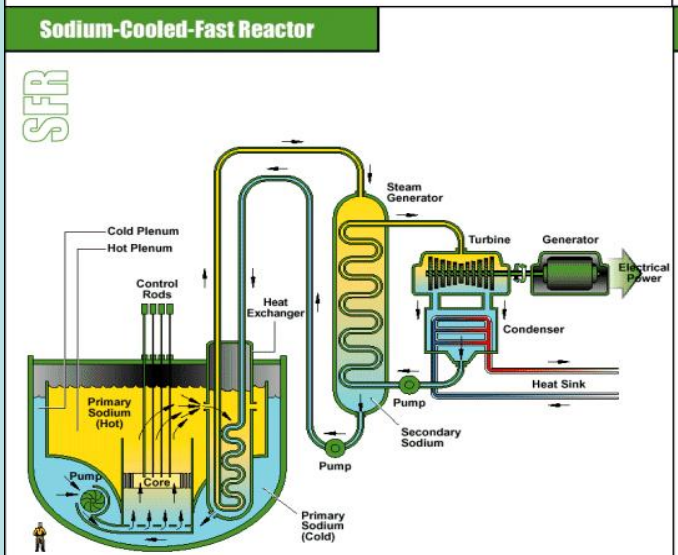
نیروگاه هسته ای نسل چهارم

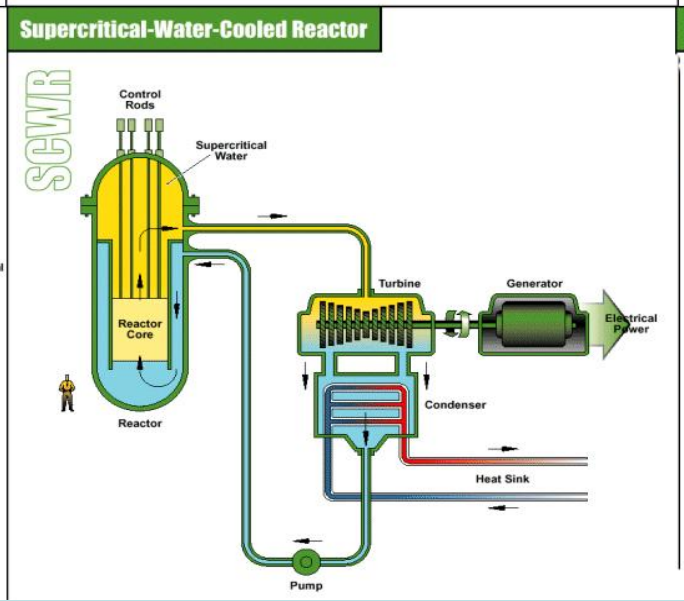
Generation IV Reactors (GIV)

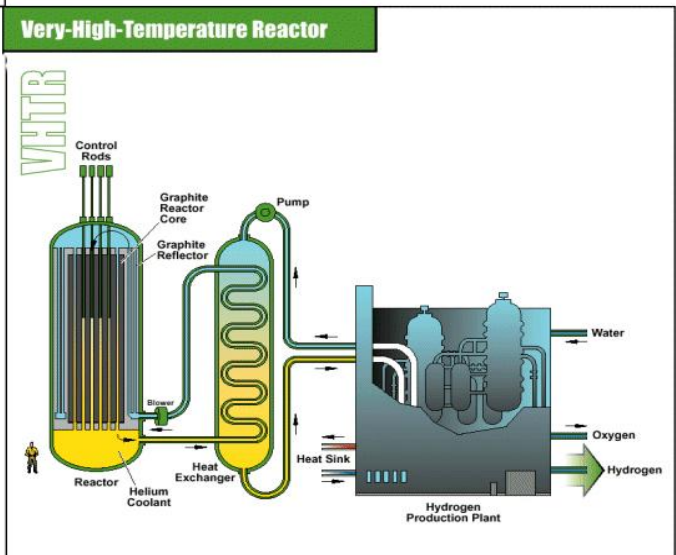




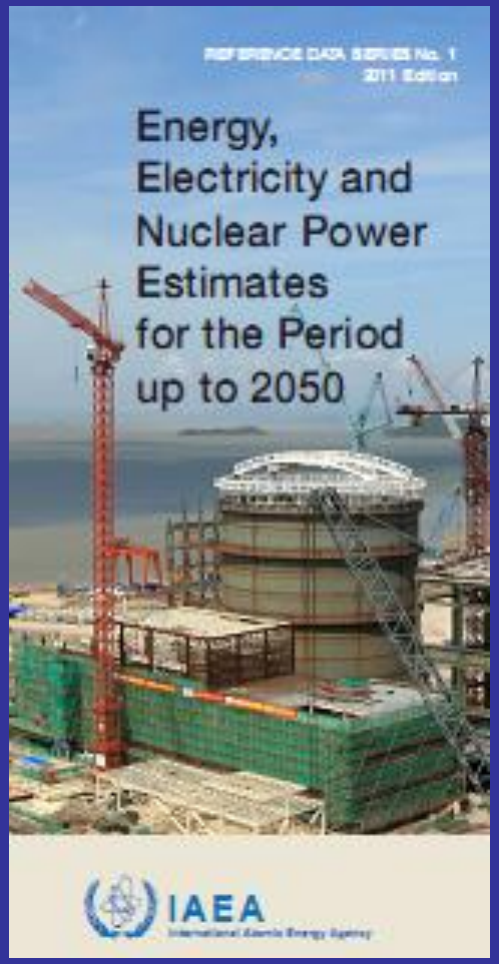


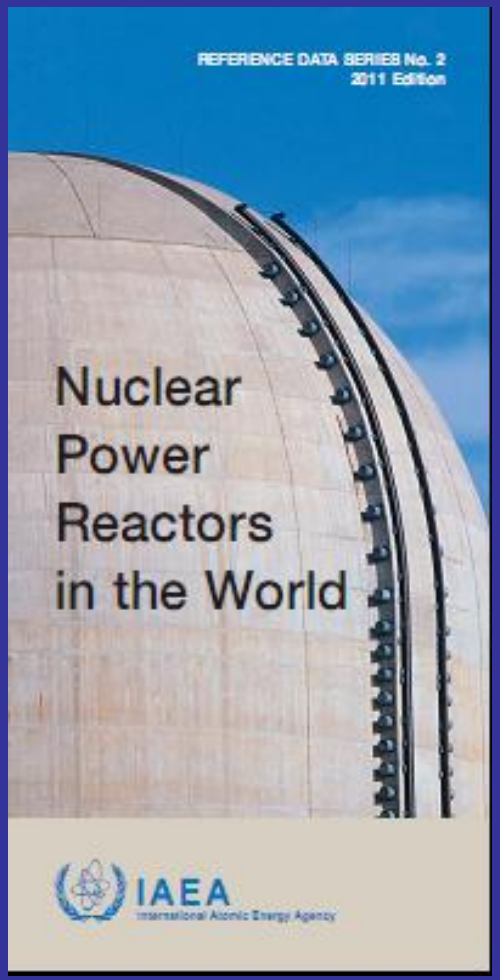


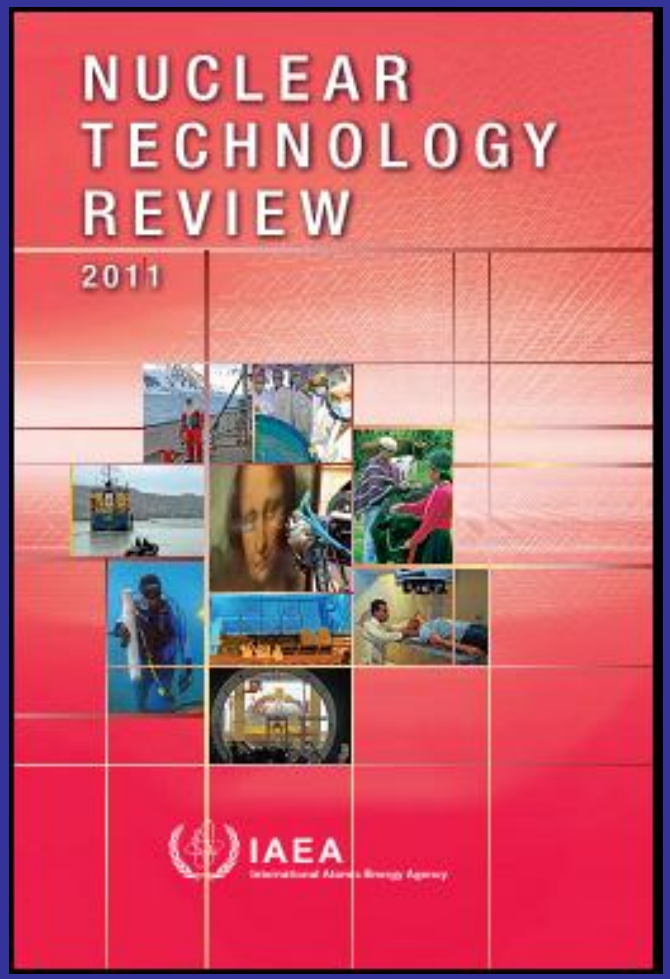




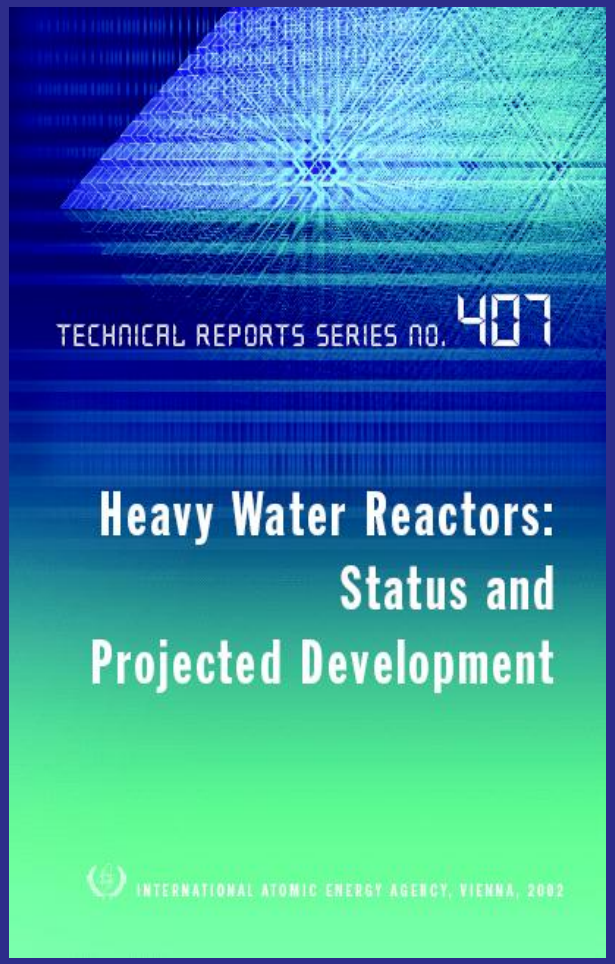
مراجع بین المللی

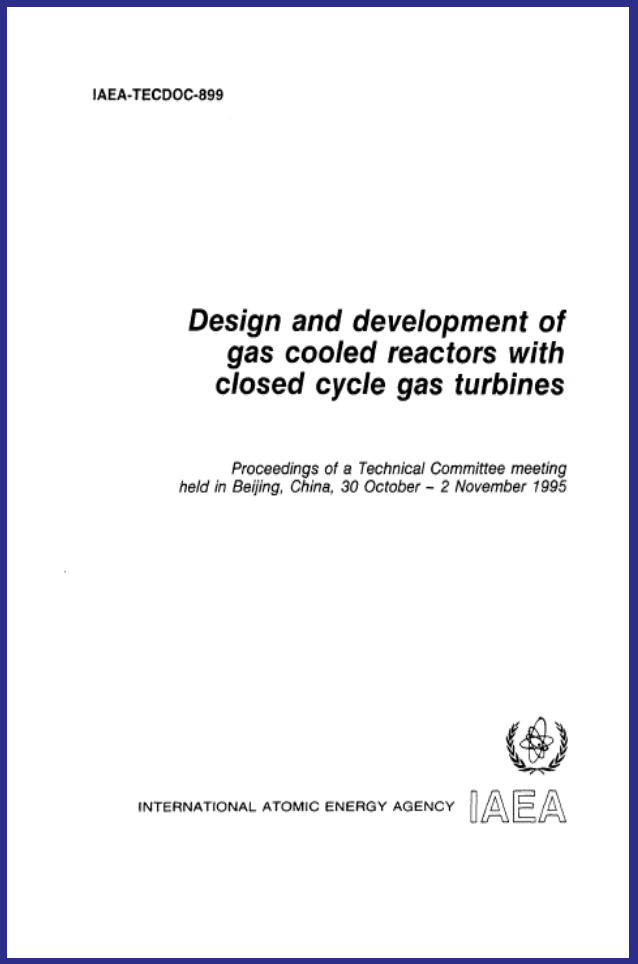






مراجع بین المللی





مراجع بین المللی

Nuclear Energy

An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes

FIFTH EDITION

Raymond L. Murray
Nuclear Engineering Department,
North Carolina State University,
Raleigh, North Carolina 27695
USA

BUTTERWORTH HEINEMANN

Nuclear Electricity

7th edition

Ian Hore-Lacy

Published by the Uranium Information Centre Ltd.
ABN 36 000 583 408

and the World Nuclear Association

2003

1st edition 1978
2nd edition 1979
3rd edition 1989
4th edition 1997
5th edition 1999
6th edition 2000
7th edition 2003

ISBN 0-9593829-8-4 (6th edn)

© copyright 2003

Uranium Information Centre Ltd, GPO Box 1649 N, Melbourne 3001, Australia
phone +61 3 9629 7744, web: www.uic.com.au

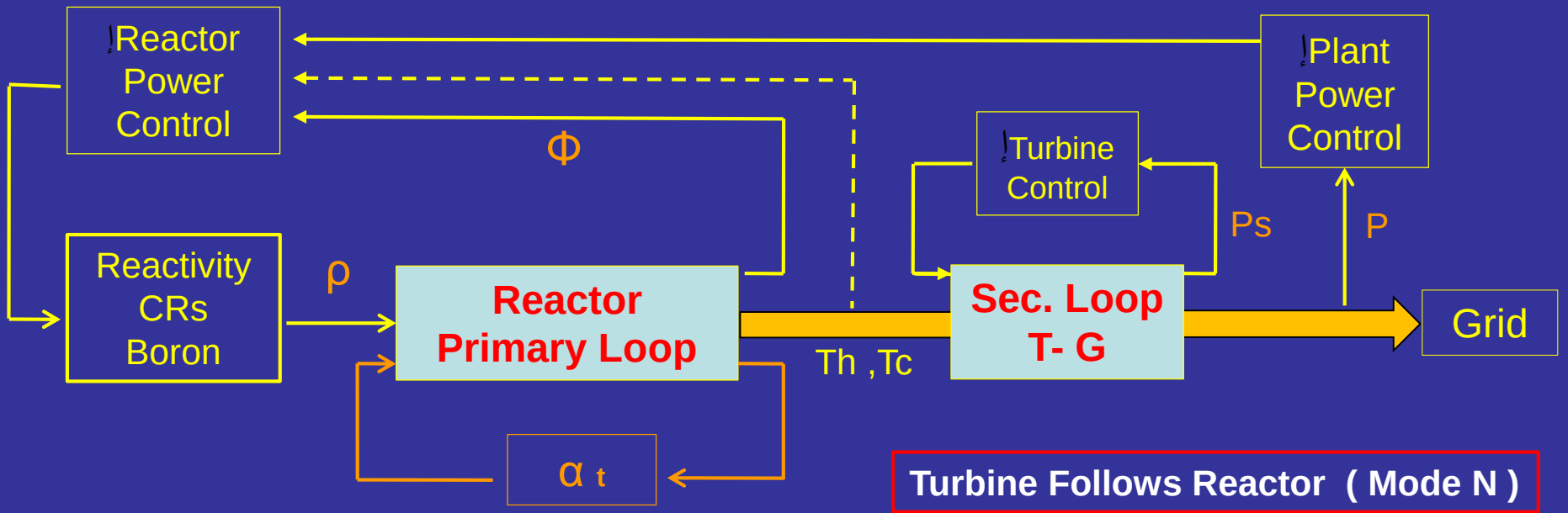
World Nuclear Association, 114 Knightsbridge, London SW1 7LJ, UK
phone + 44 20 7225 0303, web: http://www.world-nuclear.org

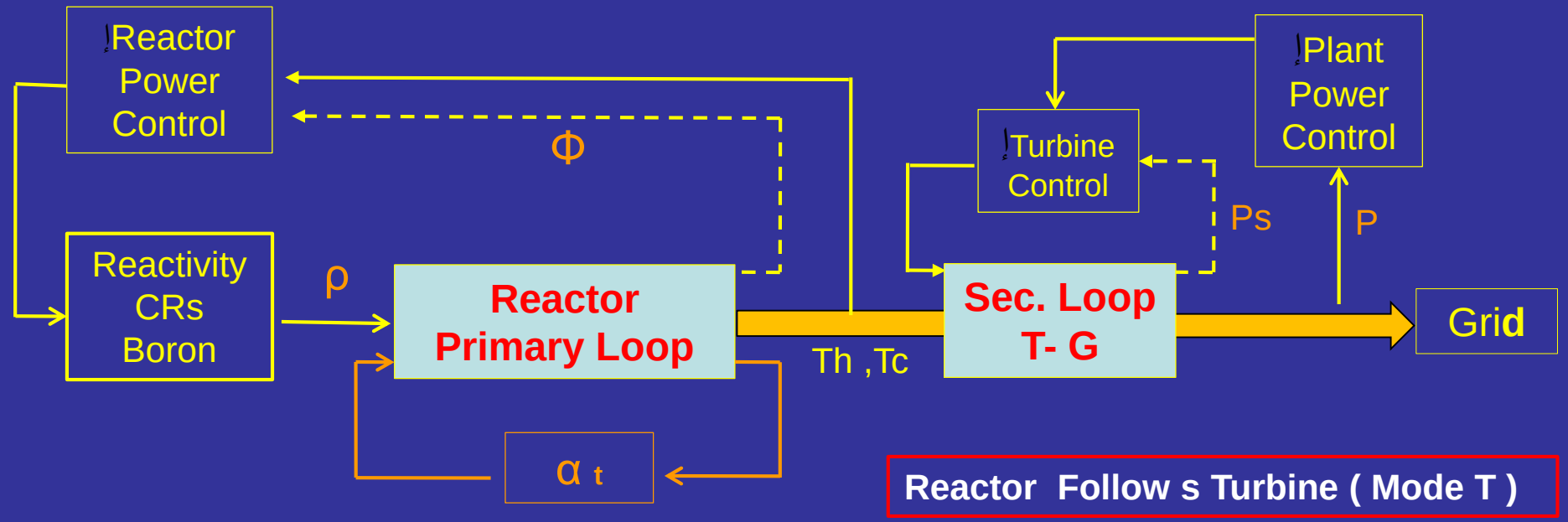
محورهای پژوهشی

در زمینه مهندسی هسته ای

مهندسی راکتور

- توسعه روشهای نوین و کد های محاسباتی راکتورهای هسته ای
- توسعه روشهای نوین تحلیل نویز در راکتورهای هسته ای
- کنترل و تنظیم قدرت در نیروگاههای هسته ای PWR
- توسعه ابزارهای کمک اوپراتوری نیروگاه بوشهر برای پشتیبانی مدیریت حوادث هسته ای
- بهینه سازی مدیریت سوخت در راکتور های PWR
- ارزیابی ایمنی و مخاطرات به روش احتمالاتی (PSA/PRA)
- طراحی مفهومی راکتورهای گازی با دمای بالا (نسل چهارم)


Reactor Power Control
Plant Power Control
Φ
Turbine Control
Ps
P
Reactivity CRs Boron
ρ
Reactor Primary Loop
Th ,Tc
Sec. Loop T- G
Grid
α t
Turbine Follows Reactor (Mode N)


Reactor Power Control
Plant Power Control
Φ
Turbine Control
Ps
P
Reactivity CRs Boron
ρ
Reactor Primary Loop
Th ,Tc
Sec. Loop T- G
Grid
α t
Reactor Follow s Turbine (Mode T)

محورهای پژوهشی

در زمینه مهندسی هسته ای

کاربرد پرتوها و رادیوایزوتوپها

- توسعه کدهای محاسبات هسته ای برای ترابرد ذرات به روش های یقینی و احتمالاتی
- طراحی، بهینه سازی و ساخت سیستمهای آشکارسازی جهت طیف سنجی انواع پرتوهای یونیزان
- طراحی، بهینه سازی و ساخت انواع قطعات برای شتاب دهنده ها
- توسعه روش های بازسازی مبتنی بر الگوریتم های تکرار و هوشمند جهت شناسایی مواد هسته ای
- کاربرد روشهای هسته ای در مسائل زیست محیطی
- کاربرد رادیوایزوتوپها در صنعت :
- چاه پیمایی هسته ای، تشخیص مواد خاص، توسعه باتریهای هسته ای، سیستم های پرتودهی، رادیوگرافی صنعتی
- توسعه کاربردهای مختلف دستگاه پلاسمای کانونی

محورهای پژوهشی

در زمینه مهندسی هسته ای

مهندسی پرتوپرشکی

- شبیه سازی و بهینه سازی دستگاه های پرتوپزشکی
- توسعه الگوریتم های مختلف پردازش تصویر به منظور بهبود کیفیت تصویر دستگاه های پرتوپزشکی
- توسعه کدهای محاسباتی به منظور حفاظ سازی در مقابل پرتو در مراکز پزشکی
- طراحی و توسعه روش های مختلف درمان از طریق پرتودهی
- توسعه الگوریتم مختلف بازسازی تصویر به منظور شناسایی دقیق بافت آسیب دیده

مهندسی چرخه سوخت

- جداسازی ایزوتوپی
- سنتز نانو مواد ، گرافن و کاربردهای آنها در مهندسی هسته ای
- انتقال حرارت فوق بحرانی:
- طراحی و ساخت ۵ راکتور فوق بحرانی برای سنتز نانو مواد و تجزیه مواد شیمیایی
- مدیریت پسماندهای هسته ای :
- پسماندهای مایع نیروگاه اتمی بوشهر، استخرهای پسماند کارخانه UCF اصفهان

فهرست مطالب

1. رشته مهندسی هسته ای در دانشگاه صنعتی شریف
2. معرفی گرایش مهندسی راکتور
3. فرصتها و چالشهای گرایش مهندسی راکتور
4. سخن پایانی

فرصتها و چالشهای مهندسی هسته ای

گرایش مهندسی راکتور

فرصتها

1. کسب دانش پیشرفته و روز آمد در زمینه :
   - فیزیک و مهندسی راکتور ، دینامیک راکتور ، مدیریت سوخت در راکتور
   - فناوری نیروگاههای هسته ای
   - ایمنی نیروگاههای هسته ای و تحلیل حوادث به روشهای یقینی و احتمالاتی (DSA/PSA)
   - کنترل ، تنظیم قدرت و بهره برداری نیروگاههای هسته ای

2. آشنایی با مشخصه ها ی طراحی ، بهره برداری و ایمنی نیروگاههای اتمی VVER
   - واحد شماره ۱ نیروگاه اتمی بوشهر (در سیکل پنجم بهره برداری)
   - واحد های ۲و۳ نیروگاه اتمی بوشهر (در دست احداث)

3. ار تباط نزدیک دانشکده با سازمان انرژی اتمی
   - پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای
   - شرکت تولید و توسعه انرژی اتمی ایران
   - شرکت بهره برداری نیروگاه اتمی بوشهر
   - شرکت پشتیبانی فنی نیروگاه اتمی بوشهر (توانا) ، شرکت افق هسته ای
   - شرکت مسنا ، ادیس

فرصتها و چالشهای مهندسی هسته ای

گرایش مهندسی راکتور

چالشها

1. **ماهیت چند رشته ای مهندسی هسته ای و آشنایی اندک ورودیها با درسهای جدید**
   - نیاز به اخذ درسهای جبرانی
   - نیاز به انگیزه و تلاش برای انطباق با رشته چند رشته ای

2. **محدودیتهای اشتغال در سازمان**
   - وجود نمونه های موفق برای دانش آموختگان بر تر و کارآمد
   - و جود نمونه های موفق در ایجاد کسب وکار خصوصی با استفاده از دانش و مهارتهای کسب شده

3. **محدودیتهای ادامه تحصیل در خارج از کشور**
   - وجود نمونه های موفق در ادامه تحصیل دکتری
   - وجود نمونه های موفق در گذراندن فرصت مطالعاتی دکتری

فهرست مطالب

1. رشته مهندسی هسته ای در دانشگاه صنعتی شریف
2. معرفی گرایش مهندسی راکتور
3. فرصتها و چالشهای گرایش مهندسی راکتور
4. سخن پایانی

Paula Perez Photography