**به نام خدا**

**سند دستیابی به 10000 (ده هزار مگاوات ) برق هسته ای ایمن، مطمئن و اقتصادی**

**(با رویکرد مشارکت حداکثری)**

**سازمان انرژ‍ي اتمي ايران**

**بهمن 1400**

**فهرست مطالب شماره صفحه**

[**پیشگفتار** 4](#_Toc94370238)

[**مقدمه** 5](#_Toc94370239)

[**1**- **انتخاب ساختگاه** 8](#_Toc94370240)

[**جمع بندی و نتیجه گیری** 12](#_Toc94370241)

[**2**-**نوع راکتور** 12](#_Toc94370242)

[**سند راکتورهای قدرت هسته‌ای در دنیا** 12](#_Toc94370243)

[**سند توسعه نیروگاه‌های کشور در افق بیست ساله (پروژه تابناک سال 1385)** 13](#_Toc94370244)

[**جمع‌بندی و نتيجه گيري** 14](#_Toc94370245)

[**3**-**تامین سوخت هسته ای** 14](#_Toc94370246)

[**اورانیوم طبیعی و زیرساخت‌ها و تأسیسات چرخه سوخت مورد نیاز** 14](#_Toc94370247)

[**امکان سنجی تامين سوخت هسته اي مورد نياز از منابع داخلی** 15](#_Toc94370248)

[**جمع بندی و نتیجه گیری** 17](#_Toc94370249)

[**4- حوزه مدیریت پسماندهای پرتوزا و سوخت مصرف‌شده** 18](#_Toc94370250)

[**5- سوخت مصرف شده** 19](#_Toc94370251)

[**جمع بندی و نتيجه گيري** 21](#_Toc94370252)

[**6- زیر ساخت ها و زنجیره‌های صنعتی مورد نیاز برای تحقق هدف بومی سازی** 22](#_Toc94370253)

[**تشریح بومی سازی و زنجیره‌های صنعتی مورد نیاز** 22](#_Toc94370254)

[**تجارب موجود** 24](#_Toc94370255)

[**چالش ها** 26](#_Toc94370256)

[**جمع بندی و نتیجه گیری** 26](#_Toc94370257)

[**7- منابع انسانی**  28](#_Toc94370258)

[**اهداف** 28](#_Toc94370259)

[**چالش‌ها** 29](#_Toc94370260)

[**جمع بندی و نتیجه گیری** 29](#_Toc94370261)

[**8- ضوابط مقررات و ساختار ایمنی هسته ای** 30](#_Toc94370262)

[**چارچوب قانونی و دولتی موثر در ایمنی، امنیت و پادمان هسته‌ای** 31](#_Toc94370263)

[**مدیریت شرایط اضطراری نیروگاه‌های هسته‌ای** 32](#_Toc94370264)

[**جمع بندی و نتیجه گیری** 33](#_Toc94370265)

[**9-** **تحقیق و توسعه** 34](#_Toc94370266)

[**اهداف کلان** 35](#_Toc94370267)

[**اولویت‌های تحقیق و توسعه صنعت نیروگاه‌های هسته‌ای** 35](#_Toc94370268)

[**جمع بندی و نتیجه گیری** 35](#_Toc94370269)

[**10- از کار اندازی** 36](#_Toc94370270)

[**مراجع**: 37](#_Toc94370271)

# پیشگفتار

موضوع سند حاضر، ارائه اطلاعات کلیدی مورد نیاز، برای تصمیم گیری در سطوح بالا در مورد جنبه‌‌های فنی و تکنولوژیکی توسعه نیروگاههای هسته­ای به میزان 10000 مگاوات به مدت 20 سال با مشارکت حداکثری صنایع داخلی، در کشور است.

این گزارش در 10 بخش تنظیم شده است. در بخش اول انتخاب ساختگاه و پیشنهاد نهایی در خصوص سه ساختگاه منتخب برای توسعه صنعت برق هسته‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش دوم نوع راکتور مناسب برای این برنامه پیشنهاد شده است. در بخش سوم به موضوع تامین سوخت هسته‌‌ای مورد نیاز برای تحقق این برنامه پرداخته شده است. در بخشهای بعدی نیز موضوع سوخت مصرف شده، زیر ساختها و زنجیره صنعتی مورد نیاز برای تحقق هدف بومی سازی، موضوع منابع انسانی، ضوابط مقررات و ساختار ایمنی هسته‌ای، تحقیق و توسعه و در نهايت ازکاراندازی مورد بررسی کارشناسی قرار گرفته است. در انتهای هر بخش نیز جمع بندی و توصیه‌های راهبردی مطرح شده است.

سند حاضر به همراه دو سندی که در کارگروه‌های راهبردی و مالی اقتصادی تهیه شده است، تجمیع شده و سند نهایی توسعه 10000 مگاوات برق هسته‌ای، تهیه و به مسئولین سازمان ارائه مي گردد.

در تهیه این سند از نتایج مطالعات راهبردی گذشته و استنتاج کارشناسی اعضای کارگروه صنعتی و تکنولوژیکی به شرح زیر، که به پیشنهاد معاونت برنامه ریزی هسته‌ای و نظارت راهبردی سازمان و با احکام مورخ 1/10/1400 ریاست سازمان تعیین شده است، استفاده شده است.

سند حاضر پس از بحث و بررسی توسط اعضای کارگروه صنعتی و تکنولوژیکی در جلسات مختلف کاری، در تاریخ 9/11/1400 نهایی و به تایید اعضاء رسید.

اعضای کارگروه صنعتی و تکنولوژیکی به ترتیب حروف الفبا:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ردیف** | **نام و نام خانوادگی** | **امضاء** | **ردیف** | **نام و نام خانوادگی** | **امضاء** |
| 1 | مسعود امین مظفری |  | 11 | قاسم رحیمی |  |
| 2 | جلیل جعفری بنه خلخال |  | 12 | بهروز رک رک |  |
| 3 | محمد جمشیدی |  | 13 | رضا سیاره |  |
| 4 | پوریا حاتمی باروق |  | 14 | حسن عطایی کچوئی |  |
| 5 | داود حسینی |  | 15 | حسین کاظمی نژاد |  |
| 6 | صمد خاکشور نیا |  | 16 | احمد کرملو |  |
| 7 | حسین درخشنده |  | 17 | مهدی منشی زاده |  |
| 8 | ابراهیم دیلمی |  | 18 | حمیدرضا مهاجرانی عراقی |  |
| 9 | پیمان راجیان |  | 19 | سعید نوری |  |
| 10 | علیرضا رادمهر |  | 20 | فرامرز یوسف پور |  |

# مقدمه

هدف از تهیه این سند، ارائه راهبردهای عملی برای دستیابی به10000 مگاوات برق هسته‌ای در مدت 20 سال با مشارکت حداکثری صنایع داخلی می باشد. مطابق مطالعات انجام شده در پروژه تابناک، اهداف مشارکت داخلی ایجاب می‌کند توانمندی بومی سازی در طراحی، ساخت تجهیزات، احداث و بهره‌برداری نیروگاه هسته‌ای در پایان دوره (احداث) به میزان حداقل 80 درصد برسد که رسیدن به این سطح از توانمندی برای احداث نیروگاه هسته‌ای خود نیازمند برنامه‌ریزی مفصل و جامعی است و همکاری و هماهنگی کامل وزارتخانه‌های دیگر از جمله وزارت علوم، تحقیقات و فناوری؛ وزارت صنعت، معدن و تجارت؛ وزارت نیرو؛ وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی؛ وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی؛ معاونت علمي و فناوري رياست جمهوري؛ وزارت بهداشت، سازمان محيط زيست، وزارت امورخارجه، وزارت اقتصاد، سازمان برنامه و بودجه؛ سازمان پدافند غير عامل و ... را برای تقویت زیرساخت‌های مورد نیاز بومی‌سازی به‌شرح زیر می‌طلبد:

* **ضرورت انعقاد قرارداد جهت انتقال فناوری به صورت کسب تکنولوژی صحه گذاری شده** (**لایسنس**) از کشور منتخب و پیش‌بینی شرط انتقال تکنولوژی
* **اتخاذ تدابیر لازم در سطح دولت و مجلس جهت استقرار زیر ساخت های قانونی، حقوقی و فنی مورد نیاز**
* **اصلاح و همسو کردن نظام آموزشی برای تربیت نیروی انسانی لازم برای مدیریت پروژه، طراحی، احداث و بهره‌برداری**.
* ایجاد سیستم آموزشی برای تربیت نیروی کار ماهر در مقاطع کاردانی در رشته‌های فنی
* ایجاد زیرساخت لازم برای **تقویت صنایع کوچک و بزرگ** جهت ساخت تجهیزات مورد نیاز با گرید هسته‌ای و ثبت صلاحیت در نظام ایمنی هسته‌ای کشور
* بررسی و ایجاد راهکار برای اخذ **N-Stamp** توسط پیمانکاران مختلف از مراجع معتبر بین‌المللی
* **تامین اعتبار قابل قبول** برای امر تحقیق و توسعه
* **تشویق شرکت‌های دانش بنیان** برای ورود به این حوزه جهت تسریع بومی‌سازی

با توجه به موارد ذکر شده در گزارش راهبردی، ضرورت تولید ۱۰۰۰۰ مگاوات از طریق احداث نیروگاه‌های برق هسته‌ای کاملاً مشخص و قطعي مي‌‌باشد وليكن نحوه دستيابي به اين هدف با كمترين هزينه و بيشترين انتقال دانش فني براي دوره‌هاي زماني مختلف، با در نظر گرفتن شرايط محيطي و بين‌المللي بسيار مهم و اساسي مي‌باشد.

بر اساس نتایج مطالعات صورت گرفته در سال ۱۳۸۵ با عنوان طرح تابناک و با توجه به تعدد انواع مختلف نيروگاههاي هسته‌اي و با لحاظ نمودن پارامترهاي متغير تأمين سوخت، امكانات ساخت داخل، ايمني و مشخصات فني تكنولوژي به همراه معيارهاي اقتصادي براي كليه شرايط همكاري بين‌المللي، اقدام به مقايسه نمونه‌هاي برگزيده از انواع مختلف نيروگاههاي هسته‌اي گرديده است. در طرح مذکور 22 معیار موثر در اولویت بندی فناوری ها انتخاب و در قالب 5 دسته کلی زیر تقسیم بندی شده‌اند:

1. مشخصات فني تكنولوژي

* وضعيت توسعه تكنولوژي در دنيا
* تطابق ظرفيت نيروگاه با نياز شبكه
* قابليت تغيير بار نيروگاه
* سهولت بهره‌برداري، تعمير و نگه‌داري
* تجربيات كشور‌هاي در حال توسعه

1. ايمني

* سهولت اخذ مجوز‌ها
* تجربيات گذشته در زمينه ايمني نيروگاه
* استفاده از تجربه ذاتا ايمن و بهره مندی حداکثری از سیستم های ایمنی پسیو
* ملاحظات زيست محيطي

1. سوخت و مواد اوليه

* امكان تامين سوخت از داخل كشور
* امكان تامين سوخت از خارج كشور
* امكان تامين مواد خاص مانند گرافيت و آب سنگين
* پسمانداري

1. پارامتر‌هاي اقتصادي

* هزينه سرمايه‌گذاري اوليه
* هزينه بهره‌برداري، تعمير و نگهداري
* هزينه سوخت و پسمانداري
* هزينه برق توليدي
* امكان استفاده از سرمايه بخش خصوصي

1. امكانات ساخت داخل

* امكان ساخت داخل تجهيزات
* تامين نيروي متخصص جهت طراحي، ساخت، احداث و بهره‌برداري
* وضعيت توسعه تكنولوژي در كشور
* امكان انتقال تكنولوژي

منظوراز **شرايط هموار** شرايطي است كه به طور اصولي منع همكاري با ايران در زمينه ساخت نيروگاه‌هاي هسته‌اي برداشته مي‌شود و لذا همه كشورهاي جهان و كمپاني‌هاي سازنده نيروگاه‌هاي هسته‌اي و تأسيسات مرتبط با آنها اجازه مي‌يابند كه با ايران در ساخت نيروگاه‌هاي هسته‌اي همكاري كنند. به عبارت ديگر در اين شرايط امكان دستيابي كشور به فن‌آوري‌هاي مناسب و استفاده از امكانات ساخت و فعاليت شركت‌هاي چند مليتي اروپايي و آسیای شرقی وجود دارد. در اين شرايط امكان انتقال تكنولوژي، خريد نيروگاه و سوخت به راحتي فراهم و امكان دستيابي به اهداف پيش‌بيني‌شده در سند چشم‌انداز بيست ساله ميسر مي‌باشد.

منظور از **شرايط ناهموار** براي همكاري بين‌المللي در ساخت و تأمين تجهيزات نيروگاه‌هاي هسته‌اي، شرايطي است كه مانعي اساسي براي همكاري هسته‌اي با ايران وجود ندارد، اما كشورهاي مختلف تحت تأثير عوامل ثانوي از همكاري هسته‌اي با ايران استقبال نمي‌كنند. در اين شرايط مي‌توان انتظار داشت كه كشورهايي همچون روسيه و چين با محدوديت‌ها و شرايطي با ايران همكاري داشته باشند. اما همكاري كشورهاي صنعتي پيشرفته غربي حتي درحد محدود هم چندان متصور نيست. در اين شرايط امكان انتقال تكنولوژي، خريد نيروگاه و سوخت هسته‌اي از كشورهاي معدودي ( نظير روسيه و چين) و با محدوديت‌ امكان‌پذير مي‌باشد.

**در شرايط سخت،** به دليل اعمال ممنوعيت‌هاي بين‌المللي، امكان بهره­گیری از همكاري‌هاي بين‌المللي جهت ساخت و تأمين تجهيزات نيروگاههاي هسته‌اي در ايران وجود ندارد. در اين شرايط، همكاري هسته‌اي با كشورهاي صنعتي پيشرفته غربي منتفي است و كشورهايي همچون چين و روسيه نيز همكاري خود را منوط به لغو ممنوعيت‌هاي بين‌المللي خواهند كرد. به طور خلاصه در اين شرايط فرض مي‌شود كه امكان تهيه نيازهاي اصلي هسته‌اي براي كشور وجود ندارد.

نتايج بررسي‌هاي انجام شده در فصل دهم گزارش مذکور نشان مي‌دهد كه در شرايط هموار بين‌المللي، نيروگاه‌هاي از نوع آب سبک تحت فشار بهترين گزينه براي توسعه در كشور مي‌باشند. سه نيروگاهي كه در اين شرايط بيشترين امتياز را كسب نموده‌اند، هر سه از نوع آب سبک تحت فشار (مدلهاي غربي و شرقي با ظرفيت‌هاي مختلف) بوده­اند. در شرايط ناهموار بين‌المللي نيروگاه آب سبک تحت فشار VVER با توجه به تجربيات قبلي كشور در اين نوع از نيروگاه‌ها و سهولت بيشتر انتقال تكنولوژي از كشور روسيه بهترين گزينه براي توسعه در كشور بوده­اند. نيروگاههاي آب سنگين از نوع CANDU و آب سبک تحت فشار (PWR) با ظرفيت 360 مگاواتي در اولويت بعدي قرار دارند. در شرايط سخت بين‌المللي نيروگاه ‍‌هاي آب سنگين CANDU با ظرفيت پايين با توجه به سهولت توليد سوخت در داخل كشور بهترين گزينه پيشنهادي براي توسعه تكنولوژي هسته‌اي در كشور بوده­اند. لازم به ذکر است که در این صورت (شرایط سخت بین المللی) ظرفیت تولید برق هسته­ای به 1640 مگاوات محدود شده بود که از این میزان 1000 مگاوات آن با به بهره برداری رسیدن واحد یکم نیروگاه اتمی بوشهر محقق شد.

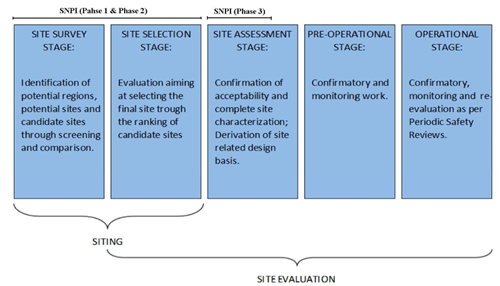
از بین سناریوهای مورد بررسی در گزارش تابناک، تنها در شرایط هموار یا ناهموار بین المللی است که توسعه نیروگاه های هسته ای در حدود 10000 مگاوات و بیشتر امکانپذیر بوده و توصیه شده بود. از همین رو، با توجه به هدف گذاری تعیین شده برای توسعه نیروگاههای هسته ای به میزان 10000 مگاوات در قالب بند "ح" ماده 100 لایحه بودجه کل کشور، فرض گزارش حاضر بر این است که شرایط بین المللی "هموار" یا "ناهموار" بوده و "سخت" نخواهد بود.

توسعه نيروگاه­هاي هسته‌اي در كشور همچنين مستلزم داشتن زير ساختارهاي لازم در بخش‌هاي چرخه سوخت هسته‌اي، زنجيره‌هاي صنعتي مورد نياز، نيروي انساني، ساختار ایمنی هسته‌ای، انتخاب ساختگاه‌های مناسب، پسمانداری، مدیریت سوخت مصرف شده، ساختار آموزشي و منابع انسانی، تحقیق و توسعه و از‌كاراندازی مي‌‌باشد كه نتايج بررسي­هاي صورت گرفته در زمينه‌هاي فوق به شرح مندرج در فصول آتی می­باشد.

**1- انتخاب ساختگاه**

فرآیندِ گزینشِ مکانِ مناسب برای استقرار یک سایت هسته­­ای، مسئله­ای چند وجهی است که عوامل بسیاری از جمله میزان هزینه، امکان تامین ایمنی در تمام عمر کارکرد تاسیسات، پذیرش عمومی مردم و ... در آن دخیل می­باشد و نتیجه­ی این انتخاب بر موفقیت بلند مدت پروژه بسیار تاثیرگذار است و اثرات به­سزایی در ابعاد اقتصادی، محیط زیستی، امنیتی و مسائل اجتماعی منطقه دارد. بطوری که اخذ تصمیم اشتباه در گزینش مکان می­تواند پیامدهایی چون افزایش مصرفِ منابع، نیاز به ارزیابی­های مجدد، لزوم ارتقای تجهیزات در مرحله­ی اجرا، افزایش دوره­های خاموشی(Shutdown) و در نتیجه تحمیل هزینه­های گزاف را داشته باشد.

اطلاعات و داده‌های مورد نیاز در انتخاب و ارزیابی ساختگاه نیروگاه اتمی بسیار زیاد و متنوع بوده و تهیه و تجزیه و تحلیل آنها زمانبر و پر هزینه می‌باشد، لذا برای مدیریت این دو فاکتور و هموار نمودن فرآیند انتخاب، کشورهای پیشرو در این صنعت و مجامع بین المللی مرتبط، چندین مرحله را به نحو زیر تعریف و توصیه نموده و اقدامات خود را در قالب آن ساماندهی می‌نمایند:



**شکل1: مراحل انتخاب و ارزیابی ساختگاه در فرآيند احداث نيروگاه‌هاي هسته‌اي**

شركت توليد و توسعه انرژي اتمي ايران در چارچوب‌ سياست‌هاي عمومي و مصوب خود، در سال 1387، طی قراردادی با شرکت مهندسین مشاور افق هسته­ای؛ با مدیریت شرکت مذکور و مشارکت شرکتهاي ذیصلاح شامل تهران برکلي، قدس نيرو، مهاب قدس، سازه پردازي ايران، قرارگاه خاتم الانبياء و لار، پروژه فراگير مطالعات انتخاب ساختگاه نیروگاه‌های اتمی براي تولید 20000 مگاوات برق هسته‌ای را در گستره ايران‌زمين و مطابق با الزامات و استانداردهاي ملی و بين المللي و در نظر گرفتن معيارهاي مختلف ایمنی، سلامت، فني مهندسي، زيست محيطي، پدافند غیرعامل و اقتصادي اجتماعي و در قالب سه فاز مطالعاتي انجام داده است.

در مطالعات فوق مراحل Site survey و بخشی از فرآیند Site selection از مراحل 5 گانه شکل فوق به انجام رسیده است. در ادامه این روند، لازم است اعتبارسنجی در خصوص ساختگاه‌ها انجام و اقدامات Site assessment صورت پذیرد.

پروژه فوق در قالب سه فاز انتخاب مهندسين مشاور، معرفي ساختگاه­هاي منتخب و رتبه بندي آنها انجام شده و در اين ارتباط با توجه به وسعت طرح و لزوم بررسي استعداد كليه نقاط كشور براي احداث اين نيروگاه‌ها، از الگوي مطالعاتي بكار گرفته شده در دهه 1350كه در آن كشور به صورت مناطق هشت گانه در نظر گرفته شده بود، استفاده گرديده است. علاوه بر اين، معيارها و دستورالعمل‌هاي آژانس بين‌المللي انرژي اتمي (IAEA)، كميسيون مقررات اتمي امريكا (USNRC) و نظام ايمني هسته‌اي كشور (INRA) در زمينه مكان‌يابي ساختگاه نيروگاه اتمي، اين مناطق به ‌طور مجزا مورد مطالعه و ارزيابي قرار گرفته که نتایج اولویت بندی ساختگاه­های منتخب برای احداث نیروگاه های اتمی ایران به شرح ذیل می‌باشد:

**جدول 1: ساختگاه‌هاي برگزيده پیشنهادی در مناطق ساحلی**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **درجه اولویت** | **سایت های منتخب ترجیحی** | **استان** |
| 1 | گوکسر | هرمزگان- مکران |
| 2 | هومدان | سیستان و بلوچستان- مکران |
| 3 | بندر تنگ | سیستان و بلوچستان- مکران |
| 4 | باشی | بوشهر |
| 5 | بریس | سیستان و بلوچستان- مکران |
| 6 | سحر خیز | گیلان |
| 7 | تازه آباد | گیلان |
| 8 | انبارسر | گیلان |

**جدول 2: ساختگاه‌هاي برگزيده پیشنهادی در مناطق داخل سرزمين**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **درجه اولویت** | **سایت های منتخب ترجیحی** | **استان** |
| 1 | تک آغاج | آذربایجان غربی |
| 2 | ماهشهر | خوزستان |
| 3 | رامشیر | خوزستان |
| 4 | غیاث | آذربایجان غربی |
| 5 | بیانلو | کردستان |
| 6 | بوران | اردبیل |



**شکل 2: نقشه پراکندگی ساختگاه‌های منتخب**

به منظور انتخاب نهایی ساختگاه‌های محل احداث ۱۰۰۰۰ مگاوات برق هسته‌ای، لازم است ضمن تدقیق مطالعات گذشته انتخاب سایت، نسبت به تملک تعدادی از ساختگاه‌های منتخب، که عموما در کرانه‌های شمالی دریای عمان و منطقه مکران قرار دارند، اقدام گردد.

در خصوص منطقه مکران لازم به ذکر است که برنامه توسعه سواحل مکران (به لحاظ صنعتی و اقتصادی) در دستور کار دولت قرار گرفته است و سرمایه‌گذاری بسیار زیادی در این منطقه انجام خواهد شد. لذا توجه به برق مورد نیاز توسعه اين منطقه ضروري است و مي بايست جایگاه نیروگاه‌های هسته‌ای (همراه با حریم‌های متعارف مربوطه آن) در برنامه آمایش سرزمینی این منطقه، مشخص شود.

از طرف دیگر، با توجه به موارد تأثیر‌گذار بر نتایج مطالعات انتخاب ساختگاه به ویژه، گذشت نزدیک به 13 سال از مطالعات قبلي، عدم لحاظ برنامه‌های توسعه استانی که پس از انجام مطالعات مذکور ابلاغ شده است (مانند برنامه‌های‌ توسعه سواحل مکران و آمایش سرزمین) و انجام فعالیت‌های اخیر نهاد‌های دولتی در تولید اطلاعات کاربردی ارزشمند، پر‌هزینه و تأثیر‌گذار بر تصمیم‌گیری و نتایج سایر مطالعات (مانند مطالعات فعالیت‌های زمین‌شناسی (زلزله، ژئودینامیک، ژئوهیدرولوژی و ...)، هیدرولوژی و محیط زیست) بازنگری، تکمیل و تدقیق مطالعات گذشته انتخاب ساختگاه اجتناب ناپذیر است. در این خصوص لازم است اقدامات زیر، برنامه‌ریزی و اجرا گردد.

* **اقدامات قبل از تملک**، بازدید کارشناسانه از ساختگاه‌های برگزیده مورد نظر و حصول اطمینان از به‌روز بودن و صحت اطلاعات استفاده شده در فرآیند انتخاب و عدم وجود هرگونه مغایرت شرایط حاکم بر عرصه ساختگاه‌ها و محیط پیرامونی با معیارهای فنی قابل پذیرش و کسب اطلاعات محلی
  + **اقدامات برای تکمیل اطلاعات**، انجام عملیات میدانی محدود در جهت شناخت قابلیت‌های پی و فونداسیون، وضعیت لرزه‌خیزی، عمق آب و سهولت و اقتصادی بودن نحوه تامین آن برای سیستم خنک‌کننده نیروگاه و تایید نهایی ساختگاه‌ها و بالاخره زمینه‌سازی برای تملک قطعی عرصه ساختگاه های مورد نظر
  + **تعیین حدود نهایی عرصه‌های ساختگاهی مورد نظر**، تهیه حریم­های مرتبط و تهیه نقشه‌های توپوگرافی پایه برای آنها
* **اقدامات رسمی برای تملک اراضی.**

**جمع بندی و نتیجه گیری**

* مقتضی است با فرض احداث حداکثر ۴ واحد ۱۰۰۰ مگاواتی در یک ساختگاه، **مطالعات انتخاب ۳ ساختگاه در منطقه "مکران"** و با توجه به سوابق مطالعاتی موجود **تکمیل گردد**،
* با توجه به هزینه بالای مطالعات مهندسی میدانی و تجربه ناکافی انجام مطالعات تکمیلی انتخاب ساختگاه در ایران، ضروری است انجام این مطالعات در مرحله نخست برای یک منطقه و به دنبال آن و پس از نهایی نمودن مطالعات منطقه اول و با بهره از تجربه بدست آمده، انجام مطالعات تکمیلی در منطقه دوم وسوم انجام شود، و
* اقدامات لازم برای تملک اراضی سه ساختگاه منتخب به عمل آید.

**2- نوع راکتور**

مطابق تجربیات کشورهایی مانند چین، کره، ژاپن و... که از طریق عقد قراردادهای ساخت نیروگاه‌های متعدد صاحب فناوری شده‌اند، باید برای عقد قراردادهای ساخت چندین نیروگاه، از یک و یا حداکثر دو شرکت‌ صاحب فناوری و با هدف افزایش سطح مشارکت داخلی اقدام نمود. از این‌رو در قدم اول با توجه به تنوع فناوری‌های موجود، باید نوع یا انواع مناسب راکتور هسته ای برای ایران را با استناد به تجربیات جهانی، اسناد داخلی و الزامات بین‌المللی به شرح زیر تعیین نمود:

**راکتورهای قدرت هسته‌ای در دنیا**

با توجه به آمار جهانی مندرج در سند راکتور های قدرت هسته ای در دنیا، بیش از 73% برق هسته‌ای دنیا با فناوری آب‌سبک تحت فشار تولید شده (جدول 3) و حدود 80% نیروگاه‌های در حال ساخت در دنیا نیز از همین فناوری بهره می‌گیرند (جدول 4).

**جدول 3: تعداد نیروگاه‌های هسته‌ای در حال کار بر حسب نوع فناوری و قدرت الکتریکی تا 31 دسامبر 2020**

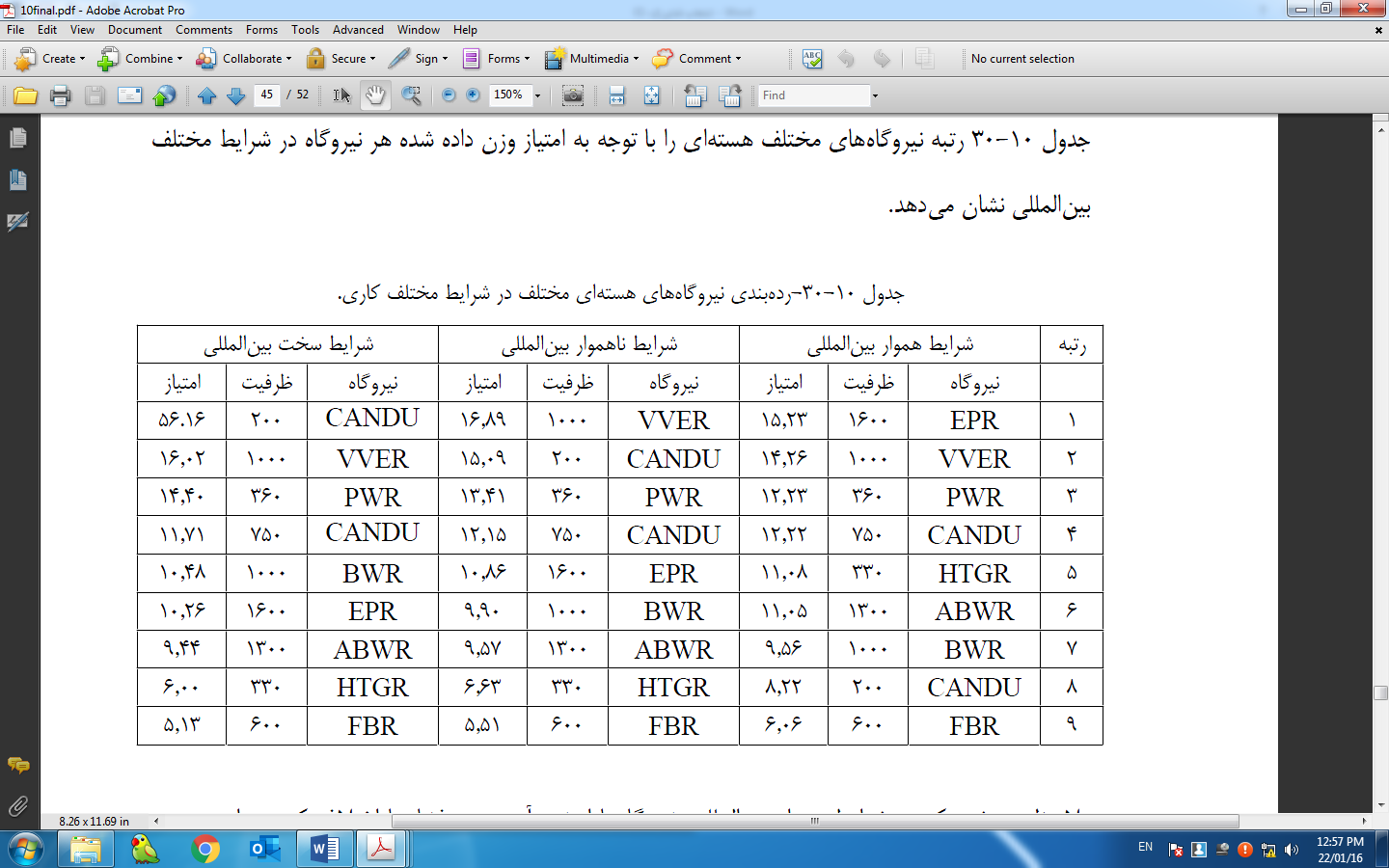
|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نوع راكتور** | **PWR** | **PHWR** | **LWGR** | **GCR** | **FBR** | **BWR** |
| **مجموع توان خالص الكتريكال گيگا وات** | 287.1 | 23.9 | 8.4 | 7.7 | 1.4 | 64.1 |
| **تعداد** | 302 | 48 | 12 | 14 | 3 | 63 |

**جدول 4: تعداد نیروگاه‌های هسته‌ای در حال ساخت بر حسب نوع فناوری و قدرت الکتریکی تا 31 دسامبر 2020**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نوع راكتور** | **PWR** | **PHWR** | **HTGR** | **FBR** | **BWR** |
| **مجموع توان خالص الكتريكال گيگا وات** | 48 | 2.6 | 0.2 | 1.1 | 5.3 |
| **تعداد** | 43 | 4 | 1 | 2 | 4 |

**سند توسعه نیروگاه‌های کشور در افق بیست ساله (پروژه تابناک سال 1385)**

طبق مطالعات وسیع صورت گرفته در این سند، فناوری منتخب دستيابي در شرایط بین‌المللی هموار و ناهموار از نوع آب‌سبک تحت فشار بوده است (جدول 5).

**جدول 5: رده‌بندی نیروگاه‌های مختلف در شرایط مختلف بین‌المللی**

شایان ذکر است که در زمان تهیه گزارش تابناک، توافق برجام به‌عنوان یک سند تعهدآور وجود خارجی نداشته است.

**جمع‌بندی و نتيجه گيري**

نتيجه گيري در خصوص انتخاب راكتور هاي مورد نياز براي دستیابی به 10 هزار مگاوات برق هسته­ای به شرح زير است:



* با توجه به تجربه قبلي در زمينه ساخت نيروگاه‌‌های آب سبک تحت فشار در كشور (واحد یکم نیروگاه اتمی بوشهر که در حال بهره‌برداری است و واحدهای ۲ و ۳ در حال ساخت نیروگاه اتمی بوشهر)، تجربه گسترده جهاني در استفاده از اين تكنولوژي، شرايط خوب آنها در زمينه بهره‌برداري، تعمير و نگهداري، و همچنين شرايط مطلوب آنها در زمينه ايمني، اين نوع از نيروگاه‌ها با ظرفيت ۱۰۰۰ مگاوات به بالا به عنوان گزینه نهایی برای تحقق برنامه تامین برق ۱۰۰۰۰مگاوات مدنظر قرار گیرد.
* علی رغم امتیاز نسبتاً بالا راکتور های CANDU در شرایط ناهموار و سخت بین المللی بر اساس سند تابناک، لیکن به دلیل انحصار این نوع تکنولوژی در تعداد محدودی از کشور ها که همکاری مناسبی با ج.ا.ا ندارند، این نوع از راکتورها در برنامه توسعه ده هزار مگاوات برق در طی 20 سال لحاظ نشده است.

**3- تامین سوخت هسته ای**

**اورانیوم طبیعی و زیرساخت‌ها و تأسیسات چرخه سوخت مورد نیاز**

**اورانیوم طبیعی مورد نیاز**

میزان مواد هسته‌ای مورد نیاز برای تولید سوخت 10000 مگاوات برق هسته ای مگاواتی از نوع راکتور آب سبک تحت فشار در جدول شماره 6 محاسبه گردیده و همانطور که قابل مشاهده می‌باشد برای کل راکتورهای قدرت پیش‌بینی‌شده برای زمان بهره‌برداری همزمان و طول عمر 60 سال برای هر راکتور، به میزان تقریبی 120،600 تن اورانیوم طبیعی مورد نیاز است.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| جدول شماره6: مواد هسته‌ای مورد نیاز جهت تولید سوخت ده هزار مگاوات برق هسته ای از نوع راکتورهای  آب سبک تحت فشار | | | | |
| **نوع ماده**  **زمان و تعداد بارگذاری** | بسته سوخت با غناهای 3.62 و 4.02 **(تعداد)** | **UO2** با غناهای مختلف **(تن)** | کیک زرد **(تن)** | اورانیوم **(تن)** |
| **برای بارگذاری یک سال یک راکتور 1000 مگاواتی** | **54** | **26.7** | **239** | **201** |
| **برای بارگذاری 60 سال ده هزار مگاوات برق هسته ای** | **32400** | **16020** | **143400** | **120600** |

**خدمات چرخه سوخت مورد نیاز**

علاوه بر اورانيوم طبيعي، ساير خدمات پیش چرخه سوخت هسته اي (شامل فرآیند های تبدیل، غنی سازی اورانیوم و ساخت مجتمع سوخت) براي ده هزار مگاوات برق هسته ای از نوع نيروگاه اتمی بوشهر در جدول زير برآورد شده است.

جدول 7) خدمات چرخه سوخت مورد نياز (سالانه) براي ۱۰ نيروگاه 1000 مگاوات برق هسته­ای

|  |  |
| --- | --- |
| **Amount** | **Required** |
| 2800 | Annual Need for Conversion (U3O8 to UF6) [t/y] |
| 2510 | Annual Need for Enrichment [ t-SWU ] |
| 330 | Annual Need for Fuel Fabrication [ t/y ] |

## 

## امکان سنجی تامين سوخت هسته اي مورد نياز از منابع داخلی

**بررسی وضعیت و چشم‌انداز منابع اورانیوم موجود در کشور (حوزه اکتشاف)**

مطابق آخرین بررسی‌های انجام‌شده در كشور تاکنون (و ارائه ‌شده در کتاب RedBook آژانس در سال 2020)، منابع اورانیوم کشور تاکنون حدود 4316 تن در کلاس ذخایر قطعی، 5535 تن در کلاس ذخایر استنباطی،12،000 تن در کلاس ذخایر قابل پیش‌بینی و 18،000 تن در کلاس ذخایر نظری، برآورد گردیده است. مقایسه خلاصه اطلاعات موجود در مورد منابع داخلي اورانيوم طبيعي با منابع سایر کشورها، به خوبي نشان مي دهد كه ايران، از نظر ذخاير اورانيوم کشوری غنی نيست و در زمره 12 كشور داراي ذخاير قابل ملاحظه در جهان قرار ندارد.

لذا در این حوزه راهبرد مورد نظر مطابق با برنامه جامع اکتشاف اورانیوم مصوب‌شده، ادامه و تکمیل عملیات اکتشاف سراسری اورانیوم در فازهای مختلف و در پهنه کل کشور تا حصول نتایج نهایی اکتشاف کل منابع موجود پیشنهاد می‌گردد. لازم به یاد آوری است که تلاشهای مستمر سازمان برای ادامه عملیات اکتشاف در سطح کشور، یک برنامه درازمدت 30-20 ساله است که، با فرض موفقیت در اکتشاف ذخائر جدید اورانیوم طبیعی، نمی توان انتظار داشت تا دو دهه آتی، به تامین سوخت واحد های در حال بهره برداری و یا در دست احداث نیروگاه برق هسته ای، کمک کند.

**حوزه استخراج معادن اورانیوم کشور**

با توجه به گزارشات فاز تفصیلی طرح اکتشاف و منابع اورانیوم اکتشاف‌شده، فعالیت‌های اصلی تجهیز معادن و استخراج کانسنگ از سال 1383 آغاز و مواد معدنی از معادنی همچون گنبدهای نمکی گچین بندرعباس به طور کامل استخراج گردیده است. معادن ساغند، ناریگان و خشومی در مرحله تجهیز، بهره‌برداری و استخراج می‌باشند و سایر معادن نیز در مرحله طراحی و اقدامات اولیه به منظور بهره‌برداری هستند.

در این حوزه تجهیز و آماده سازی کلیه معادن اورانیوم کشف‌شده فعلی و آتی اورانیوم که قابلیت معدنکاری و استحصال دارند و همچنین بهره برداری کامل از آنها مد نظر خواهد بود.

**حوزه استحصال اورانیوم (تولید کیک زرد) از منابع داخلی کشور**

حلقه بعدی چرخه سوخت هسته‌ای پس از استخراج منابع معدنی (کانسنگ اورانیوم) استحصال اورانیوم یا همان تولید کیک زرد می‌باشد.

ظرفيت توليد اورانيوم (کیک زرد) كشور، كه عمدتا به كارخانه اردكان محدود است، سالانه حدود 60 تن است. در گزارش 2018 آژانس، اين ظرفيت و امكان توسعه آن تا سال 2035، حدود 80-70 تن برآورد شده است، که در مقايسه با ظرفيت توليد ساير كشورهاي توليد كننده، بسیار کم است. **با این وجود، ظرفيت توليد كيك زرد در كشور گلوگاه اصلي محسوب نمي شود و درصورت افزايش ذخاير قطعي اورانيوم، قابل توسعه است**.

تا کنون در حدود 241 تن کیک زرد در داخل کشور تولید شده که با احتساب میزان باقیمانده از منابع خارجی خریداری‌شده و مبادله‌شده در تعاملات بین‌المللی، حدود 543 تن ذخایر کیک زرد کشور می‌باشد.

در این حوزه تکمیل و ساخت کارخانه‌های کانه‌آرایی، ایجاد تأسیسات هیپ‌لیچینگ از منابع کم‌عیار و ایجاد تأسیسات مورد نیاز جهت استحصال اورانیوم از منابع غیرمتداول (مانند مس و فسفات و ...) براي توليد کیک زرد مد نظر می‌باشد.

**در حوزه بهره‌برداری** نیزاستحصال اورانیوم و تولید کیک زرد از کلیه منابع متعارف، کم عیار و منابع غیر متداول کشور مد نظر می‌باشد.

**حوزه فرآوری اورانیوم**

كارخانه تبديل اورانيوم (UCF )، امكان تامين خدمات تبديل اورانيوم در چرخه سوخت هسته اي را فراهم مي­كند. ظرفیت تولید گازUF6 طبيعي (براي غني سازي بعدي )**280 تن در سال و تولید اكسيد اورانيوم** ( UO2 غنی شده تا 5% ) ، 34 تن در سال است، که برای تامین نیاز سالیانه یک نیروگاه 1000 مگاواتی مشابه نیروگاه اتمی بوشهر، پيش بینی شده است و در صورت وجود منابع اولیه، گلوگاه اصلی محسوب نمی شود.

با فرض استخراج تمامی منابع قطعی داخلی و کیک زرد موجود از قبل و با توجه به میزان مواد هسته‌ای مورد نیاز برای تولید سوخت ده هزار مگاوات برق هسته ای (شرايط فعلي)، توصیه می‌گردد منابع داخلی کیک زرد، صرفاً برای تأمین سوخت راکتورهای تحقیقاتی فعلی، در حال ساخت و آتی و یک راکتور قدرت توان متوسط تخصیص یافته و برای تامين سوخت راکتورهای قدرت توان بالا حتماً شرایط دسترسی به بازارهای بین‌المللی فراهم گردد و سوخت آنها از منابع خارجی تأمین شود.

**حوزه غنی‌سازی**

با توجه به موفقيتهاي سازمان در دستيابي به فناوري غني سازي، تامین خدمات غنی سازی جهت توسعه ظرفیت برق هسته ای در داخل کشور صرفا مستلزم سرمایه گذاری برای توسعه ظرفيت غني سازي، از مقياس نيمه صنعتي فعلي تا مقياس صنعتي است، که در درازمدت ميسر بوده و **گلوگاه محسوب نمی شود**.

**ساخت مجتمع سوخت**

با توحه به زیرساخت های شرکت سوره در ساخت انواع مجتمع سوخت برای راکتورهای تحقیقاتی از قبیل راکتورهای TRR، IR40 و IR20 و تشابه میله سوخت دو راکتور آب سنگین با میله سوخت راکتور بوشهر، پتانسیل کافی برای کسب فناوری تولید سوخت راکتورهای قدرت در این کارخانه وجود دارد. بنابراین با پیش بینی ظرفیت های لازم برای انتقال تکنولوژی در برنامه 10000 مگاوات برق هسته ای می توان در جهت نیل به خودکفایی در تولید مجتمع سوخت مورد نیاز برای بهره برداری از 10000 مگاوات برق هسته ای تا پایان برنامه اقدام نمود.

با توجه به توضیحات فوق پیشنهاد می‌گردد در زمان ساخت و بهره‌برداری از نیروگاه‌های مذکور نسبت به رفع محدودیت‌ها و چالش های اشاره شده اقدام نموده و پس از مرتفع شدن آنها، بر مبنای استراتژی بومی‌سازی ساخت سوخت راکتورهای قدرت، سهم سوخت تولید داخل و تامین از خارج مشخص گردد که بر این اساس اقدامات ذیل می بایست صورت پذیرد:

* تأمین مواد اولیه (کیک زرد) موردنیاز از منابع خارجی جهت تولید سوخت داخلی
* افزایش ظرفیت و ایجاد زیرساخت‌های لازم در کلیه مراحل چرخه سوخت جهت تولید سوخت داخلی
* کسب دانش و تجربه تولید سوخت و بهینه‌سازی واحدهای فرآیندی موجود جهت تولید سوخت داخلی
* انجام تعاملات بین‌المللی به منظور انجام تست سوخت در آزمایشگاه‌های خارج از کشور و اخذ مجوز بارگذاری سوخت داخلی در راکتورهای قدرت
* تنوع در تأمین و خرید مابقی سوخت راکتورها از کشورهای تولیدکننده سوخت.

## جمع بندی و نتیجه گیری

1. اورانيوم طبيعی (کیک زرد) مورد نياز يک نيروگاه 1000 مگاواتی از نوع نيروگاه اتمی بوشهر، برای سوخت گیری سالانه (با غنای متوسط 4%) حدود 330 تن و در طول عمر اقتصادی (حداقل60 سال) حدود 20000 تن است.
2. جمع ذخاير قطعي 4316 تن می باشد، که تنها براي تامين حدود 8 سال نياز برنامه 3000 مگاوات برق هسته ای در سایت فعلی نیروگاه بوشهر، کفایت می کند. **بنابراين وابستگی برنامه اعلام شده به واردات اورانيوم طبيعی، به ميزان حداقل 95%، وجود دارد**. لازم به یاد آوری است که تلاشهای مستمر سازمان برای ادامه عملیات اکتشاف در سطح کشور، یک برنامه درازمدت 30-20 ساله است که، با فرض موفقیت در اکتشاف ذخائر جدید اورانیوم طبیعی، نمی توان انتظار داشت تا دو دهه آتی به تامین سوخت واحدهای در حال بهره برداری و یا در دست احداث نیروگاههای برق هسته ای، کمک کند.
3. با توجه به توسعه فناوری بومی در کارخانهUCF اصفهان، غنی سازی در سایت نطنز و فردو و تامین سایر خدمات چرخه سوخت، تولید کیک زرد، تبدیل و غنی سازی اورانیوم و تولید سوخت اکسید گلوگاه محسوب نمی شود و صرفا **نیازمند سرمایه گذاری برای توسعه ظرفیت است.**
4. برای تولید مجتمع­های سوخت راکتورهای تحقیقاتی توانمندی لازم در کشور وجود داشته ولی برای ساخت مجتمع­های سوخت نیروگاه های قدرت، ضرورت دارد که تمهیدات لازم جهت انتقال فناوری از طریق همکاری با شرکت­های بین المللی معتبر تا انتهای برنامه اندیشیده شود. لذا با توجه به اهمیت تامین سوخت در تداوم تولید برق، از همین ابتدای برنامه توسعه 10000 مگاوات نیروگاه برق هسته ای لازم است: 1-نسبت به چاره جویی برای تامین بخشی از سوخت مورد نیاز راکتورهای فوق در داخل کشور اقدام نمود، 2-به موازات آن، اکیدا توصیه می شود راهکار تامین سوخت از منابع مختلف خارج از کشور (نه فقط محدود به سازنده نیروگاه) مورد بررسی و اقدام قرار گیرد. انحصار تامین سوخت ده هزار مگاوات برق هسته ای به یک سازنده خاص، وابستگی شدیدی برای کشور ایجاد خواهد نمود که با موضوع امنیت انرژی در تناقض است.
5. به طور خلاصه تامین سوخت مورد نیاز برنامه احداث ۱۰۰۰۰ مگاوات برق هسته ای، با دو چالش، یکی در ابتدا (تامین اورانیوم طبیعی) و دیگری در انتهای پیش چرخه سوخت (ساخت مجتمع میله­های سوخت راکتور) مواجه است، که لازم است از همین ابتدای برنامه­ریزی احداث ۱۰۰۰۰ مگاوات برق هسته‌ای، برای آن چاره‌جویی لازم صورت پذیرد.

# 4- حوزه مدیریت پسماندهای پرتوزا و سوخت مصرف‌شده

به طور کلی پسماند‌های هسته‌ای شامل موارد ذیل می‌شوند:

* پسماندهای با فعالیت بسیار کم، کم و متوسط که عمدتاً از بهره برداری و ازکاراندازی تأسیسات چرخه سوخت، راکتورهای تحقیقاتی و نیروگاه های هسته‌ای ایجاد می‌گردند.
* پسماند‌های با فعالیت بالا که عمدتاً حاصل از بازفرآوری سوخت مصرف شده راکتورهای هسته‌ای ایجاد می‌گردند.
* سوخت مصرف‌شده در راکتورهای هسته‌ای (در صورت تعریف سوخت­های مصرف شده مذکور به عنوان پسماند در خط مشی و راهبرد چرخه سوخت هسته ای).

پسماندگاه هسته­ای انارک به عنوان نخستین میزبان پسماندهای پرتوزا، ظرفیت پذیرش 165000 مترمکعب پسماند پرتوزای تثبیت شده را دارد. همچنین این ساختگاه، با راه­اندازی تاسیسات انبارش موقت روسطحی و زیرسطحی، تاسیسات آمایش پسماند و طراحی محوطه دفن پسماندهای هسته ای، زیرساختی جامع و ایمن برای مدیریت طولانی مدت پسماندها، منطبق بر الزامات بین المللی و برگرفته از درس آموخته­ها و تجربیات جهانی، فراهم نموده است.

برآورد تولید پسماند پرتوزا در یک نیروگاه 1000 مگاواتی در طول یک سال بهره­برداری عادی حدوداً 60 مترمکعب می­باشد که در 60 سال بهره برداری یک نیروگاه، بالغ بر 3600 مترمکعب پسماند تولید می­گردد. همچنین پسماند حاصل از ازکاراندازی برابر با 12 درصد کل پسماند تولیدی در چرخه عمر نیروگاه بوده که به عبارتی، میزان تولید پسماند حاصل از ازکاراندازی حدود 432 مترمکعب برآورد می­گردد. مجموع پسماند تولیدی حاصل از بهره­برداری و ازکاراندازی برای یک واحد 1000 مگاواتی برابر با 4032 مترمکعب بوده که برای 10000 مگاوات تولید برق، ظرفیتی برابر با حدود 50000 مترمکعب (با احتساب سایر پسماندهای تولیدشده در چرخه سوخت مرتبط) نیاز می‌باشد که با توجه به ظرفیت پذیرش 165000 مترمکعبی پسماندگاه انارک، زیرساخت مورد نیاز در دسترس می­باشد.

**راهبرد مدیریت پسماندهای پرتوزا**: با توجه به ظرفیت پیش بینی شده در پسماندگاه انارک، تجهیز و تکمیل فازهای بعدی این تأسیسات مد نظر قرار گیرد.

**5- سوخت مصرف شده**

مدیریت سوخت های مصرف شده نیازمند پیوستگی مدیریت در نقاط مرزی مشترک بین راکتورهای قدرت/تحقیقاتی به عنوان تولید کنندگان سوخت مصرف شده، با تاسیسات نگهداری، تاسیسات بازفرآوری، سایتهای دفن و حمل و نقل می باشد. این پیوستگی از طریق تعیین کردن معیارهای پذیرش در مرزهای مشترک به دست می آید. مطابق با توصیه های آژانس بین­المللی باید مسئولیتها بطور شفاف در هر مرحله مشخص شده باشد، بگونه‌ای که پیوستگی مسئولیت مدیریت ایمن این سوخت‌ها برقرار باشد.

باتوجه به مدارک راهنمای آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در زمینه مدیریت سوختهای مصرف شده، موارد زیر قابل ذکر می‌باشد:

* نگهداری سوختهای مصرف شده باید در چهارچوب قوانین و ضوابط ملی انجام شود. این چهارچوب تقسیم مسئولیتها از جمله مسئولیت در قبال برآورده کردن تعهدات بین المللی و حصول اطمینان از کنترل مؤثر تاسیسات و فعالیتهای مربوطه توسط نظام قانونی را بطور واضح مشخص می کند.
* مدیریت سوختهای مصرف شده ممکن است مستلزم انتقال سوختها از یک سازمان بهره بردار به سازمان بهره بردار دیگر باشد. در این موارد وابستگی متقابل بین مراحل مختلف مدیریت سوختهای مصرف شده وجود دارد و چهارچوب قانونی باید برای اطمینان از تخصیص واضح مسئولیت ایمنی در کل فرآیند و بطور مشخص در مرحله نگهداری سوختهای مصرف شده و انتقال آنها بین سازمانهای بهره بردار مختلف تمهیدات لازم را در نظر گرفته باشد. پیوستگی مسئولیت در زمینه ایمنی از طریق سیستم مجوز دهی توسط نظام قانونی تضمین می شود.
* مسئولیت های نهاد قانونی، سازمان بهره بردار و در صورت اقتضا مالک سوختهای مصرف شده در رابطه با مدیریت سوخت های مصرف شده باید به وضوح مشخص شده و از لحاظ عملی مجزا باشند.
* باید مکانیزم تامین منابع مالی مناسب ایجاد شده تا هزینه های حال و آینده مدیریت سوختها را بالاخص هزینه های نگهداری و سپس از کاراندازی تاسیسات و هزینه مدیریت پسمانهای پرتوزا را پوشش دهد.

با توجه به مقدمه فوق، فرضیات زیر در خصوص مدیریت سوختهای مصرف شده حاصل از کار ۱۰۰۰۰ مگاوات نیروگاه‌ هسته‌ای، به شرح زیر خواهد بود.

**فرضیات:**

1. ظرفیت 10000 مگاوات، متشکل از 10 واحد نیروگاه 1000 مگاواتی آب سبک تحت فشار (مانند نیروگاه اتمی بوشهر) در نظر گرفته شده است.
2. استراتژی مدیریت سوخت مصرف شده این واحدهای نیروگاهی، "اقدام و نظاره" است. بعبارت دیگر در برآورد هزینه­های مربوط به حمل ­و نقل، بازفرآوری، مدیریت پسمان­های حاصل از بازفرآوری، ارزش محصولات باارزش حاصل از بازفرآوری و یا در گزینه دیگر، هزینه حمل و نقل و دفن دائم سوخت مصرف­شده درنظر گرفته نشده است.
3. با توجه به نتیجه مطالعات انجام شده توسط شرکت پسمانداری صنعت هسته ای، روش برتر جهت نگهداری سوختهای مصرف شده نیروگاه اتمی بوشهر، نگهداری در کسک­های دومنظوره فلزی می‌باشد.
4. طبق تصمیمات متخذه، محل نگهداری کسکهای مذکور، در محل سایت (نزدیک راکتور)، درنظر گرفته شده است.
5. با فرض اینکه هزینه احداث محل نگهداری کسک­های دومنظوره (انبار سوخت مصرف­شده) واحدهای بعدی، در قرارداد احداث واحدهای نیروگاهی منظور شود، هزینه­ ای برای ساخت انبار نگهداری کسک ها در نظر گرفته نشده است.
6. هزینه های بهره برداری از انبار نگهداری کسک دومنظوره قابل اغماض درنظر گرفته شده است.
7. هزینه ساخت یک کسک دو منظوره فلزی بومی با ظرفیت 12 مجتمع سوخت:حداکثر 6/2 میلیون دلار و هزینه ساخت یک کسک دو منظوره فلزی بومی با ظرفیت 18 مجتمع سوخت: حداکثر 2/3 میلیون دلار درنظر گرفته شده است.
8. بر اساس فرضيات فوق و محاسبات صورت گرفته در صورت نگهداري در كسك هاي 12 و 18 تايي براي 10000 مگاوات در طی 60 سال بهره برداری به ترتيب نياز به مجموع هزینه ای حدود 6 ميليار و 5 ميليارد دلار خواهد بود. در اين صورت ساليانه حداکثر نياز به 25 الي 40 كسك دو منظوره خواهد بود.

**جمع بندی و نتيجه گيري**

الگوهای مدیریت سوخت­های مصرف شده در هر کشور با توجه به سیاست در نظر گرفته شده و مقتضیات هر کشور متفاوت بوده و الگوی یکسانی را نمی توان برای همه کشورها توصیه نمود. نکته ای که باید مدنظر داشت، بنا به توصیه آژانس بین المللی انرژی اتمی، مدیریت سوخت های مصرف شده در مراحل مختلف می‌تواند توسط سازمانهای مختلف انجام شود، با این شرط که پیوستگی مسئولیت مدیریت ایمن سوخت‌های مصرف شده در مراحل مختلف مدنظر قرار گرفته و حفظ شود.

تصمیمات فعلی اخذ شده ناظر بر نگهداری موقت سوخت های مصرف شده واحدهای نیروگاه اتمی بوشهر (واحد یکم و واحدهای جدید در دست احداث) در محل سایت نیروگاه تا زمان اتخاذ تصمیم نهایی، معتبر می‌باشد. لیکن در صورت توسعه نیروگاه­های اتمی، لازم است در خصوص موارد زیر تصمیم گیری شود:

1. **تعیین سازمان بهره بردار و دارنده پروانه تاسیسات نگهداری موقت سوخت‌های مصرف شده**. در این خصوص و تا زمان نگهداری سوختهای مصرف شده در سایت نیروگاه‌های هسته‌ای،دارنده پروانه تاسیسات نگهداری می تواند همان دارنده پروانه نیروگاه باشد. لیکن در صورت انتقال کسکهای دومنظوره به سایت متمرکز جهت نگهداری، لازم است در این خصوص تصمیم گیری گردد.
2. **تعیین تکلیف مکانیزم تامین مالی جهت مدیریت سوختهای مصرف شده**. با توجه به هزینه قابل توجه نگهداری سوختهای مذکور، لازم است مکانیزم و پیش بینی تامین مالی هزینه‌های نگهداری سوختهای مصرف شده تعیین تکلیف شود.
3. **ضرورت اتخاذ تصمیم در خصوص محل نگهداری موقت (تا ۵۰ سال) سوختهای مصرف شده**.
4. **ضرورت پیش بینی زیرساختهای کارخانه‌ای لازم برای تولید سالانه ۲۵ الی ۴۰ عدد کسک دومنظوره نگهداری سوخت مصرف شده** پس از به بهره‌برداری رسیدن هر ۱۰ واحد نیروگاهی و پس از گذشت حدود ۵ سال از نگهداری سوختهای مصرف شده در استخر نگهداری سوخت های مصرف شده در نیروگاه، ‌سالانه نیاز به ۴۰ عدد کسک ۱۲ تایی، یا حدود ۲۵ عدد کسک ۱۸ تایی، می‌باشد که تولید این تعداد کسک نیاز به زیرساخت­های صنعتی لازم در کشور خواهد بود.

موارد مطروحه در خصوص سوخت مصرف شده و جمعبندی صورت گرفته، مربوط به اطلاعات موجود بوده و در صورت تدوین سند ملی استراتژیک مدیریت سوخت مصرف شده، الزامات سند مذکور اولویت خواهد داشت.

**6-** **زیر ساخت­ها و زنجیره‌های صنعتی مورد نیاز برای تحقق هدف بومی سازی**

**تشریح بومی سازی و زنجیره‌های صنعتی مورد نیاز**

در مورد ساختار زنجيره‌هاي صنعتي مورد نياز جهت توسعه نيروگاه‌هاي هسته‌اي، بايستي به اين نكته تأكيد كرد كه بحث انتقال تكنولوژي و توسعه امكانات ساخت داخل پس از طراحي و ساخت و بهره‌برداري واقعي و اصولي حدود 4 نيروگاه هسته‌اي با ظرفيت مناسب و قابل توجه به صورت كليد در دست و مقياس نيروگاهي است كه مي‌توان در مراحل بعدي توسعه استراتژي مناسب را جهت بومي‌سازي تكنولوژي و افزايش ظرفيت ساخت داخل كشور نظير مشاركت در بخش‌هاي ساختماني و نصب تجهيزات گرفته تا موارد پيچيده همچون ساخت تجهيزات اصلي و امكان نصب و اجراي سيستم‌هاي كنترلي را با وارد نمودن قدم به قدم بندهاي اضافي و اجباري قراردادي، جهت انتقال تكنولوژي در قالب قرارداد اصلي احداث نيروگاه‌هاي هسته‌اي به كار گرفت و فرصت و امكان لازم را جهت رشد سطح علمي و تكنولوژيك كشور و بهره‌گيري از امكانات داخلي و بومي كشور فراهم نمود. البته تجربه کشورهایی مانند برزیل که الزام ساخت تجهیزات محدودی در داخل آن کشور را به کشور مرجع اعمال نموده‌اند، نیز وجود دارد.

بومي سازي و خودكفايي در ساخت نيروگاه­هاي هسته­اي، نیازمند برنامه­ای بلند مدت در زمينه­هاي طراحي، ساخت و راه اندازي نيروگاه و ساخت مجتمع سوخت می­باشد. در اجراي هر چه بهتر اين سياست بلند مدت عواملي چون همكاري منسجم نزديك با شركتهاي بين­المللي معتبر در زمينه اجراي نيروگاههاي هسته اي چه در زمينه مديريت پروژه و چه در زمينه ساخت تجهيزات اصلي نيروگاه، انتقال دانش فني طراحي و ساخت تجهيزات اصلي نيروگاه به شركتهاي مستعد داخلي، استانداردسازي نيروگاههاي هسته اي و در نهايت بهينه سازي از طريق تحقيق و توسعه، از اهميت اساسي برخوردارند. در اين راستا ساختار كلان اجرايي توسعة نيروگاههاي هسته اي در قالب يك طرح بيست ساله خودكفايي مشتمل بر سه دور كلي پيشنهاد گرديده است. اين سه دوره مي‌بايستي در قالب يك طرح جامع و يكپارچه مطابق شكل زير به اجرا درآيد.

**شکل3: روند پیشنهادی برای اجرای طرح جامع و يكپارچه توسعه نیروگاههای هسته‌ای در ایران**

**دوره دوم**

**مدیریت ساخت نیروگاه در ایران و ساخت تجهیزات اصلی با مشاركت شركتهاي داخلی و خارجی به همراه انتقال دانش فني (درصد مشاركت داخلي جهت ساخت تا ميزان 70%)**

**دوره اول**

**عقد قرارداد جهت ساخت نیروگاه هسته ای با شرکت خارجی و مشاركت شركت‌هاي داخلي تا ميزان 50%**

**دوره سوم**

**مدیریت ساخت داخل نیروگاه**

**و استفاده از مشاور خارجی و تامین**

**بخشی از تجهیزات از خارج**

در دوره اول از مراحل سه گانه فوق با عقد قرارداد با شركتهاي EPC معتبر بين‌المللي فرصتي فراهم مي‌شود تا كارشناسان ايراني كه تجربه مشارکت در احداث واحد یکم و واحدهای 2 و 3، همچنین بهره برداری، تعمیرات نگهداری و پشتیبانی فنی از واحد یکم نیروگاه اتمی بوشهر را دارا بوده و نیز تجربيات گرانبهاي اجراي نيروگاههاي حرارتي را نيز در کشور دارند، با نحوه اجرا، مشكلات و محدوديتهاي خاص اين نوع پروژه‌ها نيز آشنا گردند. در اين دوره مي توان با ايجاد يك شركت EPC ايراني ضمن تدارك ساز و كارهاي لازم براي فعاليت چنين شركتي به عنوان **پيمانكار عمومي نيروگاههاي هسته اي**، به شناسايي نقاط ضعف و قوت صنايع مرتبط داخلي پرداخته و حتي كارهاي ساختماني و سيستمهاي پشتيباني(BOP) را به اين شركت واگذار نمود. در پايان اين دوره ميزان ساخت داخل به حدود 50% خواهد رسيد.

در دوره دوم از اين طرح، شركت پيمانكار عمومي ايراني با توجه به تجارب به دست آمده در اجراي نيروگاههاي دوره نخست قادر خواهد بود كه مديريت پروژه را به تنهايي يا در صورت نياز با مشاركت همكار خارجي به عهده گيرد. دومين وجه تمايز اين دوره مشاركت صنايع داخلي در ساخت تجهيزات اصلي نيروگاه مي باشد. كشور در زمينه طراحي و ساخت قسمتهاي اصلي نيروگاه هسته اي مانند قلب راكتور، مولد بخار، توربين بخار و ژنراتور جهت خودكفايي به توسعه نرم افزاري و سخت‌افزاري نياز دارد. شركتهايي مانند آذرآب، فولاد اسفراين، توگا و پارس ژنراتور عليرغم داشتن تجربه در طراحي و ساخت موارد مذكور و مشابه براي صنايع نيروگاهي كشور، بايستي با عقد قراردادهاي بلند مدت در قالب اجرای فعالیتهای پیمانکار فرعی با سازندگان بين المللي معتبر اين تجهيزات به انتقال دانش فني و ارتقاي همزمان امكانات ساخت خود بپردازند. در اين راستا مي توان **شركتهاي مديريت ساخت** را (بامشارکت شرکتهای صاحب تجربه در صنایع کشور) داير نمود كه علاوه بر نظارت بر مراحل طراحي و ساخت تجهيزات اصلي كه در اين مرحله هنوز توسط سازندگان خارجي انجام مي­گيرد، با عقد قراردادهاي دانش فني با اين سازندگان به اجراي هر چه بهتر انتقال دانش فني بپردازند.

به همين ترتيب در مورد تجهيزاتي چون پمپهاي مدار اول، شيرآلات مرتبط با مدار اول و تجهيزات ابزار دقيق راكتور كه در حال حاضر امكاناتي در كشور وجود ندارد و ساخت داخل اينگونه تجهيزات نیازمند همكاري با شركتهاي معتبر بين المللي در راستاي انتقال دانش فني خواهد بود.

در مورد سيستمهاي BOP نيز با توجه به تجارب بومی سازی تجهیزات و قطعات واحد یکم و اقدامات به عمل آمده در خصوص ساخت داخل تجهیزات واحدهای دوم و سوم نیروگاه اتمی بوشهر، همچنین توسعه چند ساله اخير نيروگاههاي گازي و سيكل تركيبي در داخل كشور، امكان ساخت تجهيزات سيستمهاي BOP تا حد بسيار زيادي ايجاد شده است. از اينرو با ارتقاي صنايع كشور در زمينه **استانداردهاي خاص تاسيسات نيروگاههاي هسته­اي** مي توان به سرعت در ساخت اكثر اين تجهيزات به خودكفايي رسيد. در پايان اين دوره ميزان ساخت داخل به حدود 70% خواهد رسيد.

و سرانجام در آخرين دوره از طرح مذكور، شركت پيمانكار عمومي ايراني به مانند دوره قبل مديريت پروژه را بر عهده خواهد داشت و از مشاوره شركتهاي خارجي بهره خواهد برد. بعلاوه پروسه انتقال دانش فني در اين دوره كامل شده و شركتهاي سازنده داخلي قادر به ساخت عمده تجهيزات اصلي خواهند بود و تنها تجهيزات خاصي كه توليد داخلي آنها توجيه اقتصادي نداشته از خارج از كشور تامين خواهند شد.

پروسه استاندارد سازي و تهيه مشخصات نيروگاه مرجع نيز از مهمترين فعاليتهاي اين دوره بوده كه باعث بهره اقتصادي حاصل از كار تكراري و همچنين كاهش زمان طراحي و اجراي نيروگاههاي آتي خواهد شد.

**تجارب موجود**

**مشارکت داخلی در واحد یکم نیروگاه اتمی بوشهر**

مشارکت داخلی در فرایند تکمیل واحد1 نیروگاه اتمی بوشهر عمدتا به تکمیل سازه های ساختمانی و زیر ساختهای تاسیساتی مربوط می شود. با این وجود پس از راه اندازی و شروع بهره برداری صنعتی نیروگاه، مشارکت داخلی در زمینه های مختلف مرتبط با فاز بهره برداری ( بهره برداری تجاری، نگهداری و تعمیرات، پشتیبانی علمی فنی از نیروگاه، همراه با جایگزینی تقریبا کامل کارشناسان روسی با کارکنان ایرانی آموزش دیده و تجهیز منابع انسانی بهره برداری)، سال به سال افزایش چشمگیر داشته و در چند سال اخیر، ارزیابی مثبت و تحسین مراجع نظارتی بین المللی (نظیر انجمن جهانی بهره برداران نیروگاههای هسته ای و گروه نظارت بر ایمنی نیروگاههای هسته ای آژانس) را در برداشته است. در حال حاضر تمامی فعالیتهای بهره‌برداری از نیروگاه اتمی بوشهر توسط شرکت بهره‌برداری نیروگاه اتمی بوشهر (اقماری شرکت تولید وتوسعه) انجام می‌شود.

همچنین بیش از90 درصد فعالیتهای نگهداری و تعمیرات سالانه و ادواری نیروگاه توسط شرکت تپنا (اقماری شرکت تولید و توسعه) و شرکتهای داخلی انجام می شود و در مورد برخی فعالیتها (کمتر از 10 درصد) از خدمات شرکتهای پیمانکار روسی استفاده می گردد.

ضمن آنکه با ایجاد سازمان پشتیبانی فنی داخلی با راهبری شرکت توانا و همکاری شرکتهای موسوم به گروه مشارکت (افق هسته‌ای، مسنا، پسمانداری، ارگان اصلی مواد، ادیس)، بخش عمده مطالعات و محاسبات مربوط به مدیریت سوخت نیروگاه، تحلیل رویدادهای بهره برداری و حوادث، ساخت داخل قطعات و تجهیزات و ارایه مشاوره های فنی مهندسی به شرکت بهره بردار نیروگاه بوشهر، توسط کارشناسان داخلی صورت می­گیرد. در این زمینه در برخی حوزه ها و به خصوص سیستمها و تجهیزات دارای کلاس ایمنی، درخواست های شرکت بهره برداری در قالب قرارداد پشتیبانی فنی از شرکتهای روسی تامین می­گردد.

**تجربه احداث واحد های 2 و 3نیروگاه اتمی بوشهر**

قرارداد احداث واحدهای دو و سه نیروگاه اتمی بوشهر بصورت کلید در دست و برای احداث دو واحد نیروگاه اتمی هر یک به ظرفیت 1057 مگاوات مبادله شده است. در این قرارداد ظرفیتهای زیر برای استفاده حداکثری از توان فنی و مهندسی داخل کشور پیش بینی شده است:

* انجام مستقیم بخشی از عملیات احداث توسط کارفرما، مندرج در ضمیمه D قرارداد با عنوان تعهدات کارفرما بر اساس طراحی پایه که توسط پیمانکار صورت می پذیرد. این عملیات شامل انجام طراحی تفصیلی، تامین تجهیزات و مواد و احداث و راه اندازی ۵۰ واحد ساختمان و سازه و سیستمهای نصب شده داخل آنها و تهیه مدارک راه اندازی، نگهداری و تعمیرات و بهره برداری از آنها می­باشد.
* استفاده از خدمات تامین کنندگان مواد و مصالح، سازندگان تجهیزات و پیمانکاران ساختمانی، حمل و نصب داخلی از طریق مشارکت دادن آنها در مناقصات برگزار شده توسط پیمانکار. در این خصوص پیمانکار موظف است مبلغی از قرارداد را به‌صورت ریال صرفاً از داخل ایران تامین و هزینه نماید. همچنین پیمانکار موظف است حداقل معادل 10 درصد مبلغ ارزی قرارداد، خدمات و تجهیزات مورد نیاز خود را از بازار داخلی تامین نماید.
* استفاده حداکثری از نیروی کار ایرانی در مراحل احداث، نصب و راه اندازی واحدها.
* در صورت تمایل و درخواست کارفرما، پیمانکار اجرای هر بخش از تعهدات خود را با کسر هزینه مربوطه از مبلغ قرارداد، به کارفرما واگذار می‌نماید.
* در بخش تجهیزات پیمانکار باید20٪ از تجهیزات با دوره ساخت کوتاه و یا میان مدت را از داخل ایران تامین نماید.
* در صورتی‌که شرکت‌های ایرانی توانمندی ساخت و تامین تجهیزات با دوره ساخت بلند مدت را داشته باشند، پیمانکار موظف است از این شرکت‌های ایرانی جهت تامین تجهیزات استفاده نماید.

برای تحقق موارد فوق کارگروه مشترکی با حضور تیم متخصص ایرانی و پیمانکار روس تحت عنوان Localization Joint Working Group (LJWG) که براساس ظرفیت‌های پیش‌بینی شده در قرارداد برای استفاده حداکثری از ظرفیت‌های داخل کشور در حوزه ساخت تجهیزات، حوزه تامین مواد و مصالح، حوزه فعالیت‌های اجرایی و نیروی انسانی می‌باشد، تشکیل و تاکنون جلسات متعددی را برگزار نموده است. نتیجه فعالیت کارگروه مذکور حاکی از آن است که تا کنون 108 شرکت در زمینه ساخت تجهیزات و 18 شرکت در زمینه مواد مصرفی مورد تایید قرار گرفته‌اند که با حضور در 66 مناقصه، برخی کارها را به خود اختصاص داده‌اند. در زمینه فعالیت‌های اجرایی 13 شرکت پذیرش و کلیه فعالیت‌های اجرایی به ارزش حدود 310 میلیون یورو به آنها واگذار شده است.

لازم به ذکر است بر اساس پیوست Y قرارداد، در صورت تحقق فاز دوم قرارداد، مبنی بر احداث دو واحد دیگر علاوه بر واحدهای 2 و 3، برنامه ریزی جهت مشارکت حداقل 70% شرکت های ایرانی در ساخت و 40% در نصب برای پیمانکار الزامی در نظر گرفته شده است.

علی رغم موارد مذکور، تجارب حاصله از فرآیند بومی سازی در واحدهای جدید، حاکی از آن است که چالش­های بسیار جدی در مسیر تحقق بومی سازی وجود دارد، که مانع دستیابی به حداکثر مشارکت صنایع داخلی می­گردد. بدیهی است در صورت عدم رفع موانع مذکور، نه تنها ظرفیت های مندرج در قرارداد واحدهای دو و سه، برای بومی سازی قابل حصول نمی باشد، بلکه چشم انداز روشنی را نیز نمی توان برای تحقق افزایش سهم بومی سازی در 10000 مگاوات پروژه های نیروگاهی انتظار داشت. در ادامه به برخی از این موارد اشاره می­گردد:

**چالش ها**

* بعضی از شرکت ها علی رغم تولید محصولات مرغوب، یا توانایی تولید تجهیزات با کیفیت مد نظر را ندارند و یا با توجه به بازار فروش موجود، ضرورتی به سرمایه گذاری در این حوزه را نمی‌بینند. البته این موضوع با اصلاح و بزرگ شدن بازار به مرور مرتفع خواهد شد.
* برخی شرکت ها دارای امکانات مناسب تولید می­باشند، لیکن با توجه به حجم و نحوه گردش مالی و اعمال تغییرات در استانداردهای ساخت، توجیه مناسبی جهت مشارکت ندارند.
* بنیه مالی برخی از شرکتهای خصوصی جهت تامین تضامین با توجه به برآورد قیمت مناقصات ضعيف است.
* برخی شرکتها به خصوص شرکتهای خصوصی که معاملات برون مرزی دارند، از مشارکت در فعالیت های نیروگاه هسته ای امتناع می کنند.
* تجربه کافی در یکی از مراحل طراحی یا ساخت (ابزارهای مخصوص ساخت) وجود ندارد و زیرساختهای لازم نظير نرم‌افزارهای دارای لایسنس و امکانات آزمایشگاهی مورد نیاز یا نفرات دارای صلاحیت و دارای گواهینامه‌های لازم برای طراحی، ساخت و یا تست (مطابق استانداردهای مرجع قرارداد) وجود ندارند.
* علیرغم تلاشهای فراوان کارفرما، شرکت‌های ایرانی همچنان با ضوابط حضور در مناقصه، اسناد فنی و استانداردهای روسی نیروگاه‌های هسته‌ای مشکل دارند. عمدتا این ضوابط بر اساس بازار بزرگ روس‌اتم تنظیم شده که برای شرکتهای داخلی جذابیت ندارد.
* ساخت تجهیزات نیروگاه اتمی برای اولین بار توسط سازندگان داخلی مستلزم انجام فرایند نمونه‌سازی مدل، ایجاد چرخه تست و صحه گذاری محصول و تغییرات احتمالی در خط تولید است و به علت عدم وجود تقاضای مشابه در بازار، بهاي تمام شده این محصولات افزایش یابد.
* اخذ ضمانت‌نامه‌های ارزی به دلیل مقررات بانک مرکزی و بالا بودن قیمت قرارداد (در خواست وثیقه‌های سنگین توسط بانک‌های عامل برای ارائه ضمانت‌نامه) برای شرکت‌ها سخت و بعضا غیرممکن است.
* موضوع مالیات بر ارزش افزوده باعث کاهش رقابت‌پذیری شرکت‌های ایرانی در مناقصات و تشکیل کنسرسیوم با شرکت‌های روسی شده و در شرایط تشکیل کنسرسیوم بین سازندگان روسی و ایرانی به دلیل ارزش افزوده‌ای که حضور سازنده ایرانی به قیمت قرارداد سازنده روس تحمیل می‌کند، باعث کاهش رغبت و یا انصراف آنها از ادامه مشارکت می گردد.

**جمع بندی** **و نتیجه گیری**

جهت تحقق اهداف بومی سازی توسعه صنعت نیروگاه‌های هسته‌ای در کشور، **اتخاذ تدابیر لازم در سطح دولت و مجلس**، استقرار زیر ساخت های **قانونی**، حقوقی و فنی مورد نیاز می‌باشد که اهم آن به شرح زیر است:

* ضرورت انعقاد قرارداد جهت انتقال فناوری راکتور‌های آب سبک تحت فشار به صورت کسب تکنولوژی صحه گذاری شده (لایسنس) از کشور منتخب و پیش‌بینی شرط انتقال تکنولوژی **(نرم افزاری و سخت افزاری)** مطابق روند تشریح شده در بند 5-1 در قراردادهای احداث واحدهای نیروگاهی.
* قانون گذاری از سوی مجلس با تصویب لایحه جامع بومی سازی طراحی و ساخت نیروگاههای اتمی که شامل مواردی همچون: حمایت از صنایع و سازندگان داخلی مشارکت کننده در ساخت تجهیزات نیروگاههای اتمی، ایجاد صندوق حمایت از سازندگان مشارکت کننده در ساخت تجهیزات و ارایه دهندگان خدمات در صنعت هسته‌ای و استفاده از ظرفیت صندوق توسعه ملی برای دعوت از شرکت‌های دولتی برای حضور درمناقصات، و ایجاد ظرفیت‌های مناسب مالی و رفع موانع شامل شود.
* تشکیل و فعا‌ل سازی شرکت مشترک با وزارت صنعت، معدن و تجارت (مشابه تجربه تشکیل MOCIE برای سایر کشورها) برای پیگیری گسترش و نوسازی صنایع کشور در جهت فراهم آوردن ملزومات توسعه صنعت برق هسته‌ای و با هدف تامین منافع ذینفعان. از مهمترین وظایف این نهاد می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:
  + اعمال حاکمیت بر سایر شرکتهای دولتی تابعه وزارت صمت/سازمان گسترش و پیگیری اجرای سیاستهای دولت/مجلس در توسعه صنعت برق هسته‌ای.
  + توانمندسازی و هماهنگ سازی صنایع سنگین (که نیاز به سرمایه گذاری زیادی دارد) برای ساخت تجهیزات سنگین خاص نیروگاه‌های برق هسته‌ای.
  + الزام مشارکت با سرمایه گذاران و کارخانجات مشابه خارجی برای انتقال فناوری به صنایع داخلی برای تولید تجهیزات گرید هسته‌ای.
* تاثیرگذاری در تصمیمات و سیاستهای برخی شرکتهای دولتی که خدمات کلیدی منحصر به‌فرد ارائه میدهند (از طریق سهامداری و یا کرسی هیات مدیره) همانند شرکتهای فولاد اسفراین، لوله گستر اسفراین، پارسیان سازه، آ‌ذرآب، جهاد دانشگاهی علم و صنعت (تجهیزات برقی)، شرکت تجهیزات صنایع نفت، مپنا توربین، پارس ژنراتور و توگا.
* استقرار برخی نهادهای اصلی مورد نیاز در داخل کشور که تاکنون مستقر نشده‌اند، که مهمترین آنها به شرح زیر می‌باشد (برخی نهادها همچون نظام ایمنی هسته‌ای کشور، شرکت تولید و توسعه به عنوان دارنده پروانه، شرکت بهره برداری، شرکت تعمیرات و پشتیبانی، سازمان پشتیبانی فنی، ارگان اصلی مواد، نهاد صدور گواهینامه، نظام آموزش کارکنان بهره برداری نیروگاههای اتمی و مانند آن تاکنون و متناسب با نیازهای واحد یکم و واحدهای 2 و 3 نیروگاه اتمی بوشهر مستقر شده‌اند) :
  + طراح اصلی نیروگاه Architect engineer- (معادل شرکت AEP روسیه و شرکتهای مشابه غربی).
  + طراح سازنده سیستمهای بخار هسته‌ای NSSS (معادل شرکتهای گیدروپرس، زیوپادولسک، اتم‌انرگوماش روسیه و شرکتهای مشابه غربی).
  + طراح سازنده توربین- ژنراتور (معادل شرکت پاورماشین روسیه و شرکتهای مشابه غربی).
  + تعیین پیمانکار کل برای BOP (همانند نقشی که در حال حاضر توسط ASE و یا تیتان-2 در روسیه انجام می شود).
  + شرکتهای واسطه تجاری و فنی.
  + شرکتهای طراح تجهیز.
  + شرکت راه اندازی (معادل شرکت اتم‌تخ‌انرگو روسیه و شرکتهای مشابه غربی).
* ضرورت استقرار/تقویت نهاد تسهیل‌گر که بتواند سطح خدمات و کالاهای شرکت‌های داخلی را از سطح commercial grade به سطح nuclear grade ارتقاء دهد.
* تقویت نهادهای ملی موجود همچون ارگان اصلی مواد، نهاد صدور گواهینامه انطباق محصول، ارگان دارای صلاحیت.

**7-** **منابع انسانی**

با توجه به نقش برجسته صنعت برق در توسعه زیرساخت‌های صنعتی کشور لزوم توجه مضاعف به این صنعت بیش از پیش احساس می‌گردد. در همین ارتباط موضوع توسعه سرمایه‌های انسانی نیازمند توجهی ویژه است. از آنجایی که مقرر است توسعه صنعت برق هسته‌ای در راستای یک برنامه هدفمند در جهت دستیابی به ده‌هزار مگاوات برق هسته‌‌ای اجرایی گردد، با عنایت به بکر بودن زمینه برنامه‌ریزی و هدایت مدیریت سرمایه‌های انسانی در این بخش لازم است این موضوع با دیدگاهی علمی و به صورت پویا هدایت شود.

توجه به این نکته مهم ضروری می‌باشد که انجام اقدامات لازم جهت نگهداشت نیروهای متخصص و آموزش‌دیده از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بنابراین با فرض هماهنگ بودن تناسب روند توسعه کمی و کیفی آموزش نیروی انسانی با روند توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای، بایستی ملاحظات اساسی زیر در تربیت نیروی انسانی و متخصص مورد نیاز برای نیروگاه‌های هسته‌ای مد نظر قرار گیرد:

* تقویت زیرساخت‌های نیروی انسانی و آموزش از طریق هماهنگی با وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری جهت تربیت و تأمین نیروهای متخصص مورد نیاز،
* ایجاد قانون‌مندی‌های مرتبط و لازم جهت جذب و نگهداری نیروی انسانی با توجه به شرایط خاص نیروگاه‌های هسته‌ای،
* انجام آموزش‌های مرتبط در مراکز صنعتی ارائه‌دهنده خدمات فنی و تخصصی مورد نیاز صنعت هسته‌ای کشور.

**اهداف**

اهداف کلی برنامه توسعه منابع انسانی عبارتند از:

* تأمین تعداد کافی نیروی انسانی با صلاحیت و مورد نیاز.
* حصول اطمینان از در دسترس بودن نیروی انسانی در زمان مناسب.
* حصول اطمینان از وجود زمان کافی برای اجرای صحیح آموزش.
* بکارگیری شیوه‌های مناسب انتخاب نیروی انسانی که سبب حصول اطمینان از تناسب بین سن، رشد فکری، انگیزه و غیره می‌شود.
* حصول اطمینان از اینکه برنامه سبب ارتقاء ساختارهای فارغ‌التحصیلی، فنی و صنعتی کشور می‌شود.
* استفاده مؤثر و کارآمد از تمامی فرصت‌ها و امکانات آموزش داخلی.
* حصول اطمینان از نگهداری نیروی انسانی.

**چالش‌ها**

با توجه به تعداد زیاد نیروی انسانی ماهر و متخصص جهت تحقق هدف توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای کشور و تنوع زیاد تخصصها و مهارتهای مورد نیاز از یک‌طرف، و از طرف دیگر عدم استقرار کامل نظامهای تعیین و احراز صلاحیت کارکنان متناسب با نیازهای صنعت هسته‌ای، تحقق اهداف فوق با چالشهایی به شرح زیر روبرو است:

* کمبود اسناد بالادستی مناسب نظیر سند راهبردی و ضعف در طراحی و استقرار سیستم های مدیریتی مورد نیاز،
* نقصان در نظام جامع منابع انسانی شامل راهبردهای منابع انسانی نظیر راهبرد کارمندیابی، انتخاب، انتصاب، آموزش کارکنان، جانشین‌پروری، ارزیابی عملکرد، حقوق و دستمزد، طراحی شغل، قوانین و مقررات استخدامی و غیره متناسب با نیازهای توسعه صنعت برق هسته‌ای،
* نقصان در برنامه توسعه منابع انسانی بر اساس شرح شغل‌ها و شرایط احراز شغل متناسب با نیازهای توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای،
* نبود راهبرد مدون برای تقویت و ایجاد مراکز خدمات آموزشی نظیر دانشگاه‌ها و دانشکده ها در داخل کشور.
* توسعه نیروگاهی کشور در مناطق کمتر برخوردار و بعضاً محروم

**جمع بندی و نتیجه گیری**

تأمین منابع مناسب در چارچوب ایجاد برنامه‌ریزی و سازماندهی درست در سازمان انرژی اتمی میتواند منجر به رفع علل ریشه‌ای چالش‌های مذکور گردد.

ضمناً جهت دستیابی به نیروی انسانی با صلاحیت از نظر آموزشی که دارای دانش، مهارت و توانمندی لازم باشد، بایستی پس از برآورد دقیق ظرفیت‌ها و نیازمندی‌های آموزشی در سطوح مختلف تخصصی، کاردانی و کارگر فنی نسبت به ایجاد یک سیستم نظام‌مند آموزشی و زیرساخت‌های مرتبط با آن اقدام گردد. بدین ترتیب امکان آموزش نیروی انسانی مورد نیاز در مراحل مختلف برنامه توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای فراهم خواهد گردید.

با توجه به اينكه بخش عمده اي از زير ساختهاي مربوط به نیروی انسانی و آموزشهای لازم براي کارکنان بهره‌برداری و تعمیرات نگهداری نيروگاه اتمي بوشهر ايجاد شده است ، سيستم موجود مي تواند به عنوان پایه ای براي نيل به هدف نهائي تلقي و با توسعه و پشتيباني آن، اين مهم هر چه سريعتر تحقق يابد.

مطابق برآوردهای صورت‌گرفته حداکثر تعداد شاغلین بخش بهر‌ه‌برداری در حالات احداث 10000 مگاوات، حدود 10000 نفر می‌باشد. در بخش عملیات احداث نیروگاه‌های هسته‌ای نیز در هر دو حالت کلید در دست و غیر کلید در دست به تعداد قابل توجهی نیروی انسانی متخصص و ماهر نیاز است. با توجه به آمار مذکور برنامه گسترده و منسجمی جهت آموزش و تربیت نیروی انسانی باید تدوین و به اجرا گذاشته شود. این برنامه بایستی وظایف هر یک از ارگان‌های ذیربط نظیر وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری، وزارت صنایع، سازمان انرژی اتمی، وزارت نیرو را در بر داشته باشد. غافل شدن و عدم توجه کافی به این مقوله موفقیت اقدامات طراحی‌شده برای استفاده از انرژی هسته‌ای در تولید انرژی الکتریکی را با تردید جدی مواجه می‌نماید.

با توجه به موارد مطروحه بالا راهکارها و اقدامات استراتژیک ضروری جهت نیل به اهداف مورد نظر به شرح زیر قابل جمع‌بندی است:

* استفاده از کلیه پتانسیل‌های کشور در برنامه‌ریزی نیروی انسانی و توسعه کیفی آن امری ضروری می‌باشد ولیکن این مهم مستلزم داشتن مرکز آموزش ویژه جهت انطباق و ارائه آموزش‌های مورد نیاز صنعت هسته‌ای می‌باشد. لازم به ذکر است که در اغلب کشورهای دارای نیروگاه و صنعت هسته‌ای قبل از هرگونه اقدامی این امر مورد توجه قرار گرفته است،
* ایجاد زیرساخت‌ علوم و فنون و تأسیس مراکز و مؤسسات ویژه در این خصوص، به‌ویژه ایجاد یک مرکز آموزش متمرکز(در صورت توسعه قابل توجه نیروگاه‌های هسته‌ای) هسته‌ای در داخل کشور ضمن توجه به ایجاد قانون‌مندی لازم برای ارائه آموزش‌های بدو استخدام و حین خدمت،
* همکاری کلیه دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی و پژوهشگاه‌های مرتبط با این مرکز امری ضروری می‌باشد. این امر می‌تواند در قالب تفاهم‌نامه‌ها و قراردادهای متنوع برای استفاده مرکز از امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری کلیه دستگاه‌ها انجام شود،
* بهره‌گیری از تجربیات و خدمات مشاورین، سازندگان و شرکت‌های خارجی در خلال فعالیت‌های طرح توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای در کشور در قالب راه‌اندازی مرکز تخصصی آموزش‌های هسته‌ای معتبر ضروری می‌باشد.
* تدوین سند حفظ و نگهداشت کارکنان شاغل در نیروگاه های هسته­ای

**8- قوانین، مقررات و ساختار ایمنی هسته ای**

توسعه ساختار ایمنی هسته‌ای در برنامه ملی توسعه و تولید ده هزار مگاوات برق هسته‌ای ایمن، مطمئن و اقتصادی (با رویکرد مشارکت حداکثری) یک ضرورت ملی است. ساختار موجود ایمنی هسته‌ای در کشور باید متناسب با این برنامه ملی و در حمایت از آن، تقویت شده و توسعه یابد به گونه‌ای که اطمینان دهد تاسیسات هسته‌ای کشور و انجام فعالیت‌های مرتبط با آن، در سطح ملی و بین المللی، ایمن و امن بوده و میزان پرتوگیری کارکنان، مردم و نسل‌های آینده و همچنین آلودگی پرتوی محیط زیست، در حداقل میزان معقول قابل دستیابی است. در راستای توسعه ساختار ایمنی هسته‌ای درکشور موارد ذیل باید مورد توجه جدی قرار گیرد:

**چارچوب قانونی و دولتی موثر در ایمنی، امنیت و پادمان هسته‌ای**

**الف) قوانین و مقررات**

در حوزه قوانین و مقررات ناظر بر تاسیسات هسته‌ای و فعالیت‌های مربوطه در کشور از جمله قانون تاسیس سازمان انرژی اتمی و قانونی حفاظت در برابراشعه مصوب مجلس شورای اسلامی، قانون موافقت­نامه پادمان، قانون موافقت‌نامه مزایا و مصونیت­های آژانس بین­المللی انرژی اتمی، مبانی حقوقی و قانونی حاکم بر ایمنی تاسیسات هسته‌ای، یک مبنای کلی و توام با خلاها و نارسایی‌ها از جمله عدم استقلال موثر واحد نظارت قانونی و همچنین عدم وجود پشتوانه کافی حقوقی و قضایی به منظور انجام اقدامات قانونی در فرایند نظارت بر تاسیسات هسته‌ای است. لذا در راستای برنامه ملی توسعه و تولید ده هزار مگاوات برق هسته‌ای، تدوین و تصویب قانون جامع استفاده از انرژی هسته‌ای به منظور تعیین چارچوب قانونی، دولتی و نظارتی بر تاسیسات هسته‌ای بسیار ضروری می‌نماید.

**ب) نظارت قانونی مستقل بر تاسیسات هسته‌ای**

بر اساس استانداردهای آژانس بین المللی انرژی اتمی و تجارب بین المللی کشورهای دارای صنعت هسته‌ای، نهاد نظارت قانونی بر تاسیسات هسته‌ای باید از چارچوب قانونی و دولتی مناسب، قوانین پشتیبان، منابع مالی کافی، نیروی انسانی واجد صلاحیت کافی، نهاد‌های پشتیبان و ارتباطات ملی و بین المللی، برخوردار باشد. برخورداری از این موارد باعث می‌شود تا نهاد نظارت قانونی بر تاسیسات هسته‌ای بتواند به دور از هرگونه اعمال فشار به صورت تخصصی تصمیم‌گیری نماید. کشورهای پیشرو در انرژی هسته‌ای از اوایل توسعه برنامه هسته‌ای خود، سعی در توسعه و تکامل این نهاد داشته‌اند. این تغییرات به‌ویژه بعد از حادثه فوکوشیما از شتاب چشمگیری برخوردار بوده است.

**ج) رژیم بین المللی ایمنی هسته‌ای:**

همزمان با توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای در کشور، توجه به رژیم بین المللی ایمنی هسته‌ای نیز ضروری است. الحاق به کنوانسیون‌های بین المللی منوط به ایجاد زیر ساخت­ها در این حوزه و به نوعی تمرین تعامل با جامعه بین‌الملل و به معنای درک صحیح از موضوع، صاحب نظر بودن در آن موضوع و نشانه تلاش و تصمیم یک کشور برای ایفای نقش در یک مجموعه بزرگ‌تر است. در حال حاضر کشور ما تنها به دو کنوانسیون کمک رسانی به‌هنگام وقوع حوادث هسته‌ای یا فوریت رادیولوژیکی و کنوانسیون اطلاع رسانی به موقع حوادث هسته‌ای پیوسته است و با توجه به تصمیم به اجرای برنامه ملی توسعه و تولید ده هزار مگاوات برق هسته‌ای ایمن، مطمئن و اقتصادی به نظر می‌آید بررسی پیوستن کشور به سایر کنوانسیون‌های بین المللی هسته‌ای بسیار حائز اهمیت می‌باشد. توسعه و تولید ده هزار مگاوات برق هسته‌ای بدون توجه به ساختارهای رژیم بین المللی ایمنی هسته‌ای، با مشکلات جدی روبرو خواهد بود.

**د) رژیم بین المللی امنیت هسته‌ای**

با توسعه نیروگاه­های هسته­ای در کشور، اهمیت موضوع حفاظت فیزیکی از مواد و موسسات هسته­ای مضاعف گردیده و ضرورت دارد تا با استفاده از توصیه­ها و استانداردهای رژیم بین­المللی امنیت هسته­ای، نسبت به تقویت سامانه­های امنیت هسته­ای در موسسات و فعالیت­های هسته­ای و پرتوی کشور اقدام لازم بعمل آید. در این راستا بررسی تعهدات و الزامات کنوانسیون حفاظت فیزیکی از مواد و موسسات هسته­ای و همچنین ایجاد زیرساخت­های لازم در داخل کشور اهمیت دارد.

**مدیریت شرایط اضطراری نیروگاه‌های هسته‌ای**

مدیریت شرایط اضطراری نیروگاه‌های هسته‌ای با هدف حفاظت از جان، سلامت و اموال انسان‌ها و محیط زیست یکی از موضوعات اصلی توسعه ساختار ایمنی هسته‌ای می‌باشد. مدیریت شرایط اضطراری نیروگاه‌های هسته‌ای در سطح ملی و بین المللی، شامل نقش‌ها و مسئولیت‌های مهمی برای نهادهای متعددی از جمله سازمان مدیریت بحران، سازمان پدافند غیر عامل، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، جمعیت هلال احمر، سازمان برنامه و بودجه، ستاد کل نیروهای مسلح می‌باشد که با توجه به حساسیت، تعدد، تنوع و گستردگی وظایف و ساختارها، لزوم تعیین و ابلاغ وظایف نهادهای مذکور در سطح ملی به منظور مدیریت صحیح و استاندارد شرایط اضطراری در تطابق حداکثری با ساختار حاکمیتی و وظایف ذاتی آنها بسیار ضروری است. طرح ملی موجود مدیریت شرایط اضطراری نیروگاه‌های هسته‌ای باید همزمان با برنامه ملی توسعه و تولید ده هزار مگاوات برق هسته‌ای توسعه یافته و زیرساخت‌های لازم متناسب با تولید ده هزار مگاوات برق هسته‌ای بروزرسانی گردد.

بر اساس موارد کلی و حائز اهمیت فوق، به نظر می‌آید در توسعه ساختار ایمنی هسته‌ای همزمان با برنامه ملی توسعه و تولید ده هزار مگاوات برق هسته‌ای، با فقدان زیر ساخت‌هایی روبرو هستیم که رفع آنها مستلزم اقدامات جدی مجلس شورای اسلامی، شورای امنیت ملی، دولت، سازمان انرژی اتمی ایران/ مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور و شرکت تولید و توسعه انرژی اتمی به عنوان سازمان بهره بردار نیروگاه‌های هسته‌ای کشور، در توسعه ساختار ایمنی هسته‌ای و بهره‌برداری ایمن از نیروگاه‌های هسته‌ای است. هرکدام از نهادهای مذکور باید نقش و مسئولیت‌های خود را در طول عمر تاسیسات هسته‌ای و در سه فاز 1- قبل از تصمیم ملی به توسعه نیروگاه های هسته‌ای، 2- فاز برگزاری مناقصه و مذاکره قرارداد و 3- فاز بهره ‌برداری و ازکاراندازی راکتورهای هسته‌ای، ایفا نمایند.

برگرفته از استانداردهای آژانس بین المللی انرژی اتمی، توسعه ساختار ایمنی هسته‌ای در برنامه ملی توسعه و تولید ده هزار مگاوات برق هسته ای ایمن، مطمئن و اقتصادی شامل توسعه در موضوعات 20 گانه ذیل می‌باشد و نقش و مسئولیت‌های هر یک از نهادهای فوق الذکر در این موضوعات مشخص گردیده است.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **موضوعات 20 گانه توسعه ساختار ایمنی هسته‌ای** | | | |
| 1 | خط مشی و راهبرد ملی ایمنی و امنیت هسته‌ای، پسمان‌های پرتوزا و سوخت هسته‌ای مصرف شده | 11 | حفاظت پرتوی |
| 2 | رژیم بین المللی ایمنی، امنیت و پادمان هسته‌ای | 12 | ارزیابی ایمنی و امنیت هسته‌ای |
| 3 | چارچوب دولتی و قانونی ایمنی، امنیت و پادمان هسته‌ای | 13 | مدیریت پسمان‌های پرتوزا، سوخت مصرف‌شده و ازکاراندازی تاسیسات هسته‌ای |
| 4 | چارچوب نظارت قانونی بر تاسیسات و فعالیت‌های هسته‌ای | 14 | آمادگی و مقابله با شرایط اضطراری هسته‌ای و پرتوی |
| 5 | شفافیت | 15 | سازمان بهره‌بردار |
| 6 | منابع و تامین مالی | 16 | بررسی و ارزیابی سایت |
| 7 | سازمان‌های پشتیبان و پیمانکاران | 17 | ایمنی طراحی |
| 8 | رهبری و مدیریت در ایمنی، امنیت و پادمان هسته‌ای | 18 | آمادگی برای بهره‌برداری |
| 9 | توسعه نیروی انسانی | 19 | ایمنی و امنیت در هنگام ترابری |
| 10 | تحقیق و توسعه با مقاصد ایمنی هسته‌ای و نظارت قانونی | 20 | ایمنی، امنیت و پادمان هسته‌ای |

**جمع بندی و نتیجه گیری**

در توسعه ساختار ایمنی هسته‌ای همزمان با برنامه ملی توسعه و تولید ده هزار مگاوات برق هسته‌ای، **اقدامات راهبردي** مورد نیاز در چهار حوزه كلان ايمني فوق الذكر، به شرح زير ضروری مي باشد:

* تدوین و تصویب قانون جامع استفاده از انرژی هسته‌ای
* تدوین و تصویب قانون استفاده ایمن، امن و صلح جویانه از انرژی هسته‌ای،
* تدوین و تصویب خط مشی ملی ایمنی هسته‌ای، پسمان‌های پرتوزا و سوخت مصرف شده،
* **توسعه ساختار نظارت قانونی موجود تحت عنوان مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور متناسب با برنامه ملی توسعه و تولید ده هزار مگاوات برق هسته‌ای شامل:**
* تهیه سند تحول راهبردی مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور،
* تحقق بخشیدن به استقلال نظارتی، عملکردی و مالی مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور،
* توسعه و بروز رسانی زیرساخت‌های نظارتی فعلی ایمنی، امنیت و پادمان هسته‌ای (تدوین مقررات، ضوابط و دستورالعمل­ها، ارزیابی ایمنی،صدور پروانه/مجوز، بازرسی، اعمال مقررات)،
* ارتقاء صلاحیت کارکنان مرکز در راستای کاهش حداکثری وابستگی به مشاوران خارجی (VO Safety)،
* ایجاد مرکز آمادگی و مقابله با شرایط اضطراری هسته‌ای و پرتوی
* ایجاد پشتیبان فنی(TSO) برای فعالیت‌های نظارتی مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور،
* **بررسی وجود زیرساخت­های موجود جهت پیوستن کشور به کنوانسیون‌های بین المللی هسته‌ای همزمان با برنامه ملی توسعه و تولید ده هزار مگاوات برق هسته‌ای شامل:**
* بررسی پیوستن کشور به کنوانسیون ایمنی هسته‌ای(CNS)،
* بررسی پیوستن کشور به کنوانسیون ایمنی مدیریت سوخت مصرف شده و ایمنی مدیریت پسماند پرتوزا(JC)،
* بررسی تعهدات و الزامات و وجود زیرساخت­های موجود جهت پیوستن کشور به کنوانسیون حفاظت فیزیکی از مواد و موسسات هسته­ای و اصلاحیه آن، همزمان با برنامه ملی توسعه و تولید ده هزار مگاوات برق هسته‌ای
* **تصویب و ابلاغ طرح ملی شرایط اضطراری نیروگاه‌های هسته‌ای شامل:**
* ابلاغ ملی وظایف نهادهای مسئول، همکار و پشتیبان در ساختار آمادگی و مقابله با حوادث هسته‌ای،
* اهتمام نهادهای مذکور در ایجاد زیرساخت‌های لازم برای آمادگی و مقابله بر اساس وظایف ابلاغ شده،
* اجرای مانورهای متعدد با مشارکت نهادهای مسئول بر اساس سناریوهای محتمل در نیروگاه‌های هسته‌ای با توجه به عدم امکان کسب مهارت در حوادث نیروگاه‌های هسته‌ای به صورت واقعی،
* ایجاد نهاد آموزش آمادگی و مقابله با حوادث هسته‌ای برای نهادهای مسئول، همکار و پشتیبان، با توجه به تخصصی بودن موضوع و عدم وجود دانش کافی در نهادهای غیر تخصصی،

1. **تحقیق و توسعه**

به منظور تحقق برنامه کشور در دستیابی به 10 هزار مگاوات برق هسته‌ای و همسو با نقشه جامع علمی کشور، اولویت‌های نظام علم، فناوری و نوآوری در کشور در راستای چشم اندازها و اهداف کلان ترسیم شده در این اسناد با دو رویکرد:

**رویکرد 1:** بومی سازی فناوری طراحی و ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای در کشور از طریق انتقال تدریجی دانش و فناوری طراحی و ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای و تعمیق دانش فنی حاصل با پشتیبانی علمی و فنی راکتورهای هسته‌ای موجود

**رویکرد 2:** توانمند سازی کشور در زمینه طراحی و ساخت یک راکتور قدرت بومی با اتکا به دانش حاصل از رویکرد اول

می‌بایست در برنامه‌های تحقیق و توسعه مد نظر قرار گیرد. در سند نقشه جامع علمی کشور، فناوری هسته‌ای به عنوان اولویت الف حوزه فناوری در اولویت‌های علم و فناوری کشور گنجانده شده است و کسب دانش طراحی و ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای به عنوان یکی از اهداف بخشی در نظام علم، فناوری و نوآوری کشور نیازمند توجه، هدایت و پشتیبانی در سطوح کلان مدیریتی در کشور می‌باشد.

**اهداف کلان**

* دستیابی و تدوین دانش و فناوری حوزه نیروگاه‌های هسته‌ای در مراحل مختلف طراحی، ساخت (تأمین تجهیزات)، راه اندازی و از کاراندازی نیروگاه‌های هسته‌ای در کشور با رویکرد بومی سازی صنعت نیروگاه‌های هسته‌ای
* دستیابی به دانش مورد نیاز برای پشتیبانی علمی و فنی از بهره برداری ایمن، مطمئن و اقتصادی از نیروگاه‌های هسته‌ای و بومی سازی تجهیزات در راستای رویکرد مشارکت حداکثری در داخل کشور
* تدوین و توسعه دانش فنی در زمینه‌های تخصصی مرتبط ( ایمنی هسته‌ای، طراحی فنی و مهندسی، سوخت و مواد، پسمانداری، توسعه کدها و نرم افزارها، حفاظت پرتوی، ساخت تجهیزات و سامانه‌های کلیدی، طراحی و توسعه لوپ‌های آزمایشگاهی و ...) و ایجاد زیرساخت‌های نرم افزاری و سخت افزاری مورد نیاز در تحقیق و توسعه
* پیاده سازی سیستم مدیریت دانش یکپارچه و منسجم و توسعه فراگیر سازمان‌های یادگیرنده و تربیت پژوهشگران و اندیشمندان در مسیر دستیابی به چشم انداز ترسیم شده در بومی سازی صنعت نیروگاه‌های هسته‌ای.

**اولویت‌های تحقیق و توسعه صنعت نیروگاه‌های هسته‌ای**

مهم‌ترین حوزه‌های تحقیق و توسعه در جهت کسب دانش طراحی و ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای شامل موارد ذیل است:

* تحقیقات مواد کاربردی در نیروگاه‌های هسته‌ای
* تحقیقات سوخت هسته‌ای
* آزمون‌های ایمنی و کنترل کیفی سوخت و مواد نیروگاه‌های هسته‌ای
* توسعه و اعتبارسنجی نرم افزارها و کدهای هسته‌ای کاربردی در حوزه‌های نوترونیک، ترموهیدرولیک و ایمنی
* ایجاد تأسیسات آزمایشی برای انجام آزمون‌های ایمنی هسته‌ای، ترموهیدرولیک و نوترونیک و اعتبارسنجی داده‌های هسته‌ای
* طراحی و ساخت تجهیزات و سامانه‌های کلیدی مورد نیاز صنعت نیروگاهی نظیر: تجهیزات و سامانه­های ایمنی، ابزار دقیق هسته‌ای داخل و خارج قلب راکتور و سامانه‌های اندازه گیری و کنترل مربوطه
* تحقیق وتوسعه در زمینه کاربری­های همزمان با تولید برق برای تولید رادیو ایزوتوپ­های مورد نیاز مانند کبالت 60 .
* توجه به فرآیند نمک زدایی آب دریا در کنار نیروگاه­های هسته­ای

**جمع بندی و نتیجه گیری**

* تدوین، تصویب و ابلاغ سند ملی راهبردی تحقیق و توسعه با هدف سیاست‌گذاری، جهت‌دهی و مدیریت متمرکز همه فعالیت‌های پژوهشی به منظور بومی سازی فناوری طراحی و ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای در همه حوزه‌های پژوهشی و صنعتی کشور (به ویژه سازمان انرژی اتمی، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، وزارت صمت، وزرات نیرو و سایر وزارتخانه‌ها و سازمانهای مرتبط)
* ایجاد و توسعه شبکه جامع آزمایشگاه‌های تحقیقاتی ملی در کشور در حوزه تحقیقات مواد و سوخت، آزمون‌های ایمنی و کنترل کیفی سوخت، موکاپ‌های هسته‌ای و غیر هسته‌ای، تأسیسات آزمایشی برای آزمون‌های ترموهیدرولیک و ایمنی، توسعه کدها، نرم افزارها و الگوهای محاسبات هسته‌ای، کنترل و ابزار دقیق، آزمایشگاه‌های مخرب و غیر مخرب تست سوخت و مواد
* طراحی و ساخت یک راکتورتحقیقاتی با شار نوترون بالا به منظور تست مواد و سوخت
* ایجاد آزمایشگاه‌های تحلیل و آزمون­های پس از پرتودهی (PIE) مرتبط به منظور پشتیبانی از برنامه­ها و اهداف تأمین سوخت هسته­ای و مواد ساختاری
* مشارکت در یک طرح بین المللی در حوزه طراحی و ساخت نیروگاههای هسته‌ای نسل جدید (به ویژه راکتورهای کوچک ماژولار) وتعامل فعال و اثرگذار درحوزه علم و فناوری نیروگاه های هسته ای با کشورهای صاحب فناوری

**10-** **از کار اندازی و برچینش**

مرحله «از کاراندازی» آخرین مرحله از عمر تاسیسات هسته‌ای به شمار می‌رود. اهمیت این مرحله به واسطه پیچیدگی های فنی ﴿وجود حجم زیادی از تجهیزات پرتو دیده﴾ و هزینه بالای برچینش تاسیسات هسته‌ای می باشد. معمولا شرکتهایی که از تجربه طراحی و احداث نیروگاه هسته‌ای برخوردار هستند، عهده‌دار عملیات برچینش نیروگاه هسته‌ای می شوند.

واحد یکم نیروگاه اتمی بوشهر از سال ۱۳۹۲ وارد مرحله بهره‌برداری صنعتی شده است و در صورتی که طول عمر آن تمدید نگردد، تا سال ۱۴۲۲ به کار خود ادامه خواهد داد. در آن مرحله می توان از خدمات شرکتهایی که از تجربه طراحی و احداث نیروگاه هسته‌ای برخوردار هستند، استفاده نمود.

لیکن در خصوص هزینه عملیات مذکور که نیاز به حجم بالایی از منابع مالی دارد، لازم است از هم اکنون پیش بینی های لازم انجام شود. در این خصوص در سال ۱۳۹۵ و با پیشنهاد سازمان انرژی اتمی ایران/ شرکت تولید و توسعه انرژی اتمی ایران، ماده ۶۶ با عنوان «اندوخته احتیاطی» در قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور درج و به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید. ماده مذکور اشعار می‌دارد: «به منظور تأمین منابع لازم برای انجام هزینه‌های مدیریت سوخت مصرف شده و پسماندهای حاصل از فعالیت، برچینش و حوادث اضطراری در تأسیسات هسته‌ای به شرکت مادر تخصصی تولید و توسعه انرژی اتمی ایران اجازه داده می‌شود با موافقت رئیس سازمان تا معادل 4٪ از درآمد حاصل از فروش برق نیروگاههای هسته‌ای کشور را تحت عنوان «اندوخته احتیاطی» منظور دارد».

آیین نامه اجرایی این ماده در سال ۱۳۹۶ و با پیشنهاد مشترک سازمان برنامه و بودجه کشور، سازمان انرژی اتمی ایران و وزارت امور اقتصادی و دارایی به تصویب هیات وزیران رسید. در حال حاضر شرکت تولید و توسعه حساب مربوط به این اندوخته را نزد خزانه‌داری کل کشور گشایش نموده و سالانه مبلغی را با دستور ریاست سازمان انرژی اتمی ایران به عنوان اندوخته احتیاطی به این حساب واریز می‌نماید. دستورالعمل حسابداری مربوطه نیز با هماهنگی سازمان حسابرسی تنظیم، مصوب و در حال اجرا می‌باشد.

برای دستیابی به 10 هزار مگاوات برق هسته­ای، تدوین سند ملی و سیاست گذاری در خصوص از کار اندازی و برچینش ***تاسیسات هسته ای*** در زمان مقتضی ضروری می­باشد.

# مراجع:

1. Nuclear Power Reactors in the Word, IAEA, Reference Series Data No. 2, Edition 2021
2. پروژه تدوین استراتژی توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای در کشور، پژوهشگاه نیرو، 1385
3. Joint Comprehensive Plan of Action, 2015
4. B. Zohuri, Small modular reactors as renewable energy sourses, Springer, 2019
5. [1: نقشه جامع علمی کشور]
6. مابقی استاندارد ها اخذ شود