

<b>Kontrollmoment</b>  <small>Rubrik/Title</small> <b>Miljökvalificering för haveriförhållanden</b>	<small>Beteckning/Document</small> <b>KBE EP-154</b>
	<small>Utgåva/Issue</small> <b>4 (S)</b>
	<small>Datum/Date</small> <b>2017-05-22</b>
	<small>Ersätter/Supersedes</small> <b>3 (S)</b>

## 1 Omfattning

Kraven i detta kontrollmoment avser att säkerställa att elektrisk utrustning som ska vara i drift under och efter haveriförhållande är konstruerad på ett sådant sätt att den kan fullgöra erforderlig funktion.

Utrustningen ska exponeras för den svåra miljö som är följden av ett konstruktionsstyrande haveri (DBE) i det utrymme eller anslutande utrymme där utrustningen är monterad.

Tillämpliga standarder: IEEE 323-1974/1983/2003, IEC/IEEE 60780-323:2016, IEC 60980, IEEE 344.

Detta dokument innehåller även de svenska tilläggskrav avseende procedurer för accelererad åldring och haveriprov, vilka ej ingår i tillämpliga standarder.

## 2 Syfte

Syftet är att verifiera produktspecifikationen genom att genomföra en sekvens av provningar på det sätt som anges i detta kontrollmoment. Detta dokument kan också användas som vägledning för utvärdering av redan genomförda provningar.

## 3 Definitioner

### Analys

"A process of mathematical or other logical reasoning that leads from stated premises to the conclusion concerning specific capabilities of equipment and its adequacy for a particular application" (IEEE 323-1974)

Ett förfarande baserat på matematiska eller logiska resonemang som utgående från givna förutsättningar, leder till slutsatsen att vissa specifika egenskaper hos utrustningen är tillräckliga för en viss tillämpning.

### Anslutning (interface)

"A junction or junctions between equipment of the safety system and other equipment or device." (Examples: connection boxes, splices, terminal boards, electrical connections, grommets, gaskets, cables, conduits, enclosures, etc.) " (IEEE 323-1974)

En elektriskt/mechanisk förbindelse mellan utrustning tillhörande säkerhetssystem och annan utrustning eller anordning. (Exempelvis kopplingslådor, kabelskarvar, plintar, elektriska kontaktpunkter, kabelavtätningar, packningar, kablar, kabelrör, kapslingar, etc.)

### **Konstruktionsstyrande händelse, DBE (design basis events)**

”Postulated events, specified by the safety analysis of the plant, used in the design to establish the acceptable performance requirements of the structures and systems” (IEEE 323-1974)

Postulerade händelser specificerade i anläggningens säkerhetsrapport vilka anger konstruktionskraven för byggnadsverk och systemfunktioner.

### **Kvalificerad livslängd (qualified life)**

”The period of time, prior to the start of a design basis event, for which equipment was demonstrated to meet the design requirements for the specified service conditions.” (IEEE 323-1983)

Den tidsperiod före början av en konstruktionsstyrande händelse för vilken utrustning visats uppfylla konstruktionskraven vid specificerade driftförhållanden.

## **4 Metod**

### **4.1 Allmänt**

Alla provningar ska genomföras enligt standardiserade provningsmetoder då sådana finns. Provningar för vilka det saknas standardiserade metoder ska genomföras på ett sakkunnigt sätt och följa etablerad praxis för nukleära tillämpningar.

Detta kontrollmoment avser endast typprovning (konstruktionsverifiering). Provobjekten ska vara komplett monterade och försedda med alla erforderliga skydds- och monteringsanordningar, kablar, kontaktdon och andra elektriska och mekaniska anslutningar så som det erfordras när utrustningen är normalt installerad i ett system.

Efter genomförda provningar ska det verifieras att eventuell degradation är inom tillåtna gränser enligt funktionskraven i Teknisk Specifikation.

Provobjekt eller annan del av utrustning som använts vid provning får ej levereras som ny utrustning eller levereras som reservdel.

### **4.2 Provprogram**

Ett detaljerat provprogram ska utarbetas och godkännas av Beställaren innan några provningar påbörjas. Provprogrammet ska uppfylla de provnings- och dokumentationskrav som anges i detta kontrollmoment. Provprogrammet ska innehålla följande information:

- Beskrivning av provobjekten inkluderande elektriska och mekaniska anslutningar med hänvisning till godkända ritningar
- Antalet provobjekt
- Godkänd prestandaspecifikation för produkten. Prestanda- och miljöparametrar som ska mätas och registreras
- Acceptanskriterier. Särskilda funktionskrav etc.
- Detaljerad installationsritning som beskriver provobjektens montering, anslutning och placering i provkammaren.

- Klimatförhållanden vid förtester och funktionsverifiering
- Åldringsdata för joniserande strålning, integrerad dos, dosrat och omgivningstemperatur
- Termiska åldringsdata; temperatur i provkammare, behandlingstid, aktiveringsenergi för ingående organiska material och resulterande kvalificerad livslängd. Valet av temperatur och tid för åldringen ska baseras på den driftmiljö som ska simuleras
- Provningskrav för vibrations(utmattnings)provning
- Driftbetingade/mekaniska åldringsdata; belastning och antalet driftcykler som utrustning ska utsättas för före det simulerade haveriprovet
- Funktionskontroller som ska genomföras mellan de angivna provningarna
- Krav på mätutrustning
- Slutkontroller
- Motivering till föreslagna ändringar i provprogrammet

## **5 Provningskrav**

### **5.1 Provningsarrangemang**

#### **5.1.1 Montering och anslutningar**

Utrustningen ska monteras, anslutas och placeras i provkammaren på sådant sätt att en verklig installation simuleras.

#### **5.1.2 Provobjekt**

Minst tre provobjekt av varje typ med erforderliga anslutningar ska provas. Annat antal kan överenskommas med Beställaren. Om både åldrade och ej åldrade provobjekt ska haveriprovas, ska det fastställda antalet dubblas.

#### **5.1.3 Provningsföljd**

De olika provningarna ska genomföras enligt 5.2 - 5.5 enligt nedan. Avvikelse från provningsföljden ska godkännas av Beställaren.

### **5.2 Funktionskontroll före provning**

Prestanda före och efter provning ska kontrolleras och parametrar, normala och extrema, lämpliga att indikera funktionsdugligheten ska mätas och dokumenteras. På detta sätt skapas en databas för jämförelser under och efter provningen. Funktionskontrollen före provningen ska omfatta minst följande:

- Okulärbesiktning
- Spänningshållfasthet
- Isolationsprov
- Förhållandet mellan in- och utgångsparametrar som är specifika för den provade utrustningen.

- Prestanda; elektriska och mekaniska maximala utgångsparametrar
- Tider för elektriska/mekaniska tillståndändringar
- Andra signifikanta parametrar som kan vara kritiska för den provade utrustningen.
- Samtliga funktionskontroller före provning ska göras under normala driftförhållanden
- För att undvika fortsatt provning av provobjekt som havererat eller degraderats utöver vad som kan accepteras, rekommenderas att funktionskontroller utförs mellan varje provsekvens.

## 5.3 Åldring

Om analys eller tidigare erfarenhet visar att åldring kan förbättra utrustningens egenskaper, ska provobjekten indelas i två grupper:

Grupp A: Åldrade provobjekt

Grupp B: Ej åldrade provobjekt

### 5.3.1 Joniserande strålning

Utrustningens förmåga att tåla strålning kan visas med analys eller provning, eller med analys och provning kombinerat. Analys kan bara accepteras när det kan visas att inget i produkten ingående material signifikant åldras av joniserande strålning.

Vanligen kan strålningståligheten verifieras med detaljerad information om alla i produkten ingående material med referenser till tidigare genomförd provning som verifierar materialegenskaperna. Alla delar ingående i utrustningen måste beaktas, t ex anslutningsdon, kontaktdon, tätningar, smörjmedel, etc.

Strålningståligheten ska verifieras för den ackumulerade dosen från normaldrift och haveriförhållanden (DBE) specificerade i Teknisk Specifikation.

Åldringssimulering (dos från normaldrift motsvarande den kvalificerade livslängden):

Strålningsåldring med en varaktighet understigande 240 timmar eller en doshastighet större än 5 Gy/h bör undvikas, om högre dosrat är använd så ska resultatets tillämplighet särskilt kunna motiveras.

#### Haveridos:

- Den totala integrerade dosen ska anges i Teknisk Specifikation
- Behandlingstid minst 10 tim.

Det är tillåtet att genomföra provningen för både åldringssimulering och haveridos i en integrerad provningssekvens.

Provobjektet behöver inte vara i drift under provningen.

Kobolt 60 är acceptabel som strålningskälla. Omgivande medium ska vara luft.

### 5.3.2 Termisk åldring

Arrheniusmodellen ska användas för accelererad åldring. Åldringsparametrarna erhålls ur följande ekvation:

$$t_1 = t_2 e^{\Phi/k ((T_2 - T_1)/(T_1 \cdot T_2))}$$

där:  $t_1$  = simulerad livslängd  
 $t_2$  = behandlingstid i provkammare  
 $T_1$  = simulerad omgivningstemperatur, K  
 $T_2$  = temperatur i provkammare, K  
 $\Phi$  = aktiveringsenergi, eV (material- och temperaturspecifikt)  
 $k$  = Boltzmann's konstant (8,62 E-5 eV/K)

När olika aktiveringsenergier måste beaktas, ska det mest konservativa (lägsta) värdet användas. Om aktiveringsenergin inte är känd ska  $\Phi = 0,8$  eV användas.

Accelerationsfaktorn är kvoten mellan simulerad livslängd  $t_1$  och behandlingstid i provkammare  $t_2$ .

Accelerationsfaktorn får inte vara större än 250. Om en högre accelerationsfaktor har använts ska den faktiskt kvalificerade livslängden omräknas baserat på accelerationsfaktorn 250.

Minsta behandlingstid  $t_2$  är 1000 timmar.

Åldringstemperaturen  $T_2$  ska väljas baserat på erforderlig behandlingstid  $t_2$ .  $T_2$  ska inte väljas högre än vad som erfordras för att uppnå den simulerade livslängden  $t_1$ . Materialens konstruktionstemperatur får aldrig överskridas vid den accelererade åldringen, även om den resulterande accelerationsfaktorn blir låg.

### 5.3.3 Mekanisk åldring

Provobjekten ska drivas med nominell belastning och det antal driftcykler (start/stopp, öppna/stäng, aktivera/avaktivera etc.) som anges i Teknisk Specifikation. Om ingen information om antalet driftcykler anges, ska 1000 driftcykler användas vid den mekaniska åldringssimuleringen.

### 5.3.4 Utmattnings-/Vibrationsprovning

Syftet med denna provning är att simulera mekanisk åldring/degradation till följd av felmekanismer relaterade till utmattningsprovning.

Provningen utförs som svepprov enligt IEC 60068-2-6, Test Fc

Frekvensområde:	10 - 150 Hz,
Acceleration, förflyttning:	20 m/s <sup>2</sup> , 0,15 mm
Övergångsfrekvens:	60 Hz
Antal svep i varje riktning:	5
Svephastighet:	1 oktav/minut

Provobjektet ska vid provningen monteras med sina normala fästeanordningar. Om ytterligare fästeanordningar måste användas, ska detta framgå av både provningsprogram och provningsrapport.

In- och utgångssignaler ska vara typiska för normal drift. Funktionsprov under pågående utmattningsprovning erfordras ej.

Om provobjektet är detsamma som tidigare använts för provning enligt KBE EP-151, där detta vibrationsprov ingår, behöver det ej upprepas i denna sekvens av provningar.

## **5.4 Haveriprovning (DBE-provning)**

### **5.4.1 Seismisk provning**

Denna provning ska specificeras individuellt för varje applikation. Om ingen provningsprocedur eller provningsnivå anges i Teknisk Specifikation, ska provningsförfarande enligt KBE EP-147 tillämpas.

Provobjektet ska vara i drift under provningen om detta erfordras enligt Teknisk Specifikation. Utrustningens funktion ska då verifieras under pågående seismisk simulering.

#### **5.4.2 Mellankontroll**

En funktionskontroll ska göras vid normala driftförhållanden för att verifiera att provobjektet inte signifikant degraderats till följd av genomförda åldrings- och seismiska prov.

### **5.4.3 Extremdriftprovning**

Utrustning för vilken miljöstränghet C specificerats ska utsättas för en temperatur- och fukttransient vid 90°C/100 % RH under 8 timmar, följt av en återhämtningstid på 8 timmar. Stig- och falltider för temperatur och fuktighet ska vara så korta som möjligt.

- Provobjekten ska vara i drift under provningen. Funktionsprov ska göras under och efter provningscykeln.
- Återhämtning ska ske vid normal rumstemperatur.

Denna provning kan utgå om något av följande krav är uppfyllt:

- Utrustningen tillhör miljöstränghet A eller B, d.v.s. avsedd att monteras utanför reaktorinneslutningen.
- Post-DBE-provparametrarna överskrider kraven enligt Teknisk Specifikation på ett sådant sätt att det tillkommer ytterligare minst 12 timmar vid 90°C/95 % RH.

### **5.4.4 Simulering av strålningsdos vid haveri, DBE (om tillämpligt)**

Om haveridosen inte simulerades vid åldringssimuleringen, ska detta utföras före DBE-provet i nästa avsnitt.

### 5.4.5 DBE-provning

Provobjekten ska utsättas för den simulerade haverimiljön enligt bifogade diagram (haverikurvor). Teknisk Specifikation anger vilket diagram som ska användas, annars kan diagrammet "BWR/PWR alla block, Generell haverimiljö för reaktorinneslutningen" respektive "Alla block, Haverimiljö utanför reaktorinneslutningen" alltid användas. DBE-provet omfattar de första 96 timmarna av haverikurvan. Erforderlig funktionstid för en specifik utrustning anges i Teknisk Specifikation.

Provobjekten ska utsättas för vattenstrilning (spray) så som visas i respektive diagram. Om provningen också ska vara tillämplig för PWR, ska strilvattnet ha följande kemiska sammansättning:

H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1,7 viktsprocent
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,0 viktsprocent
NaOH	för att erhålla pH 10,5 vid 25°C (ca 0,59 viktsprocent)

Marginaler för miljöparametrarna ska tillämpas enligt IEC/IEEE 60780-323:2016.

Provobjekten ska vara i drift under provningen. Utrustningens funktion ska övervakas för samtliga provobjekt under provningen.

### 5.4.6 Post-DBE-provning

DBE-provet följs i förekommande fall av ett Post-DBE-prov. Erforderlig funktionstid för utrustningen i Post-DBE-miljö anges i Teknisk Specifikation.

Post-DBE-miljön är separat specificerad för BWR i diagrammet "BWR generell, Post-DBE-förhållanden". Provningen kan utföras enligt två alternativa metoder A eller B enligt diagrammet. Tillämplig metod anges i Teknisk Specifikation. För PWR gäller Post-DBE-förhållanden enligt diagram "PWR, haverimiljö i reaktorinneslutningen".

Vid Post-DBE-simulering kan provningstiden reduceras med accelererad provning vid en högre temperatur, utgående från samma metodik som för accelererad åldringssimulering.

Provobjekten ska vara i drift under provningen. Utrustningens funktion ska övervakas under provningen.

## 5.5 Avslutande kontroll

Efter avslutad provning när provobjekten återhämtat sig till normala driftförhållanden, ska utrustningen uppfylla alla krav enligt Teknisk Specifikation.

Efter den slutliga funktionskontrollen ska provobjekten inspekteras okulärt och andra erforderliga prov ska utföras (dielektriska prov, isolationsprov, etc.) för att upptäcka eventuell degradation hos provobjekten.

## 6 Dokumentation

Provningsdokumentationen ska minst omfatta följande:

A. Uppgifter om provobjektet

Typ och tillverkningsnummer ska anges.  
Produktspecifikation.  
Särskilda egenskaper hos produkten ska anges.

B. Provningsförfarande

En detaljerad beskrivning av provningsförfarandet, elektriska och mekaniska anslutningar till provobjektet.

C. Mätutrustning

Fabrikat, typ, noggrannhet och senaste kalibreringsdatum.

D. Provningsspecifikation

Det ska framgå att provning och kontroll utförts i enlighet med detta kontrollmoment eller annan överenskommen specifikation.

E. Miljöförhållanden

Miljöförhållandena under provningen ska protokollföras.

F. Funktionsprovning

Beskrivning av funktionsprovningen före och efter varje miljöförhållande.

G. Provningsresultat

Uppmätta värden ska dokumenteras på ett sådant sätt att det möjliggör en oberoende granskning av de genomförda provningarna. Dokumentationen ska tydligt ange huruvida provningarna genomförts på avsett sätt samt att alla produktspecifikationer och ställda krav är uppfyllda. Varje avvikelse från Tillverkarens eller Beställarens specifikation ska anges.

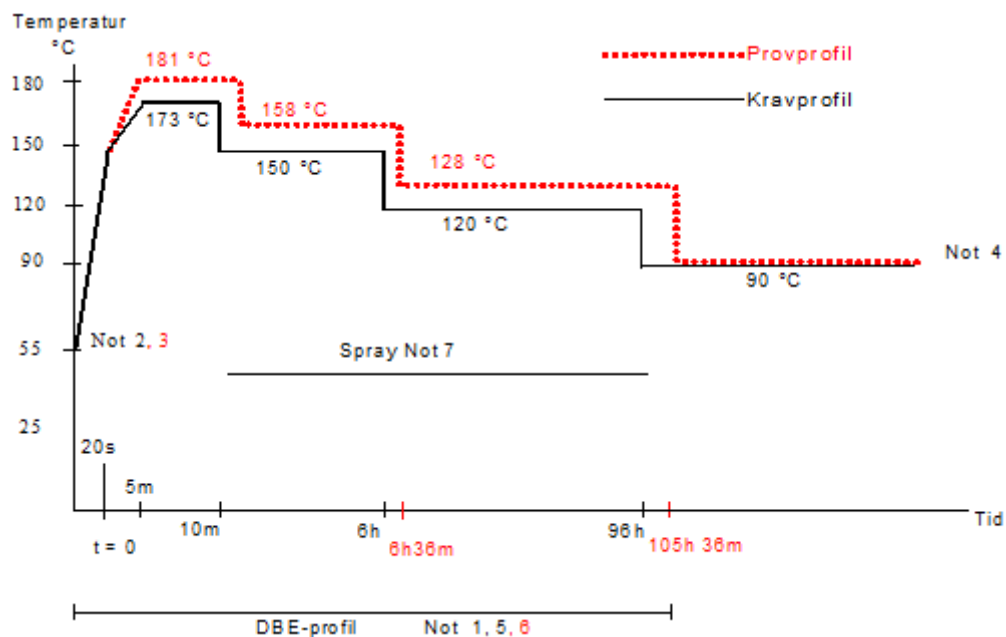
H. Datum och namnet på ansvarig kontrollant

I. Godkännande

Provningsdokumentationen ska granskas, godkännas och signeras av kvalitetsansvarig hos leverantören.



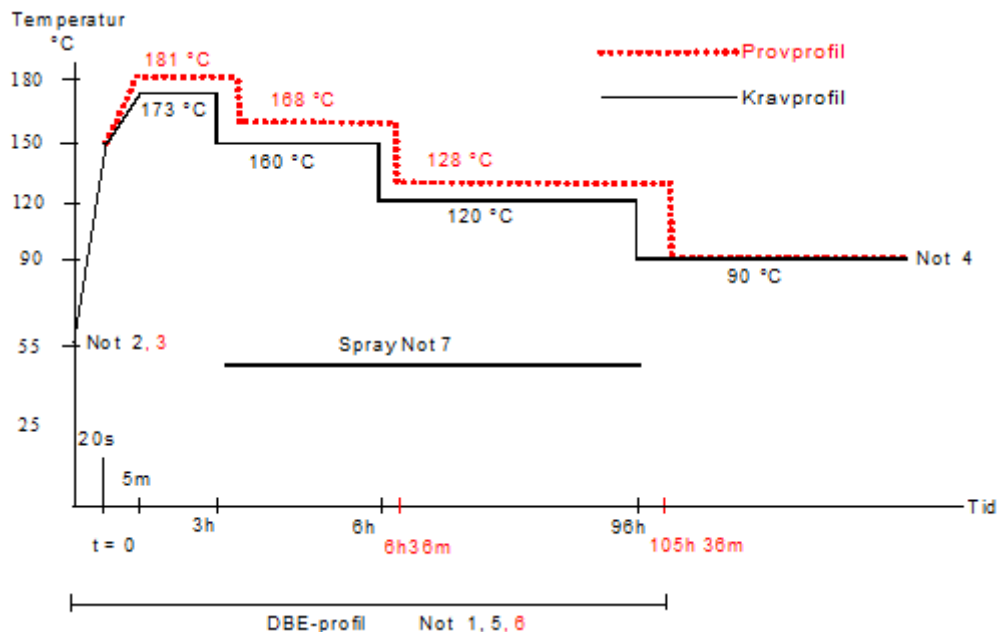
## BWR1, Haverimiljö i reaktorinneslutningen



### Not

- 1 Angivna värden för temperatur och tryck ska uppnås eller överskridas.  
100 % RH gäller för hela krav- respektive provprofilen.  
Stig- och falltider ska vara kortast möjliga.
- 2 Stigtider: max 20 s till 150°C och 5 min till 173°C. Tiden t = 0 startar vid 173°C.
- 3 Stigtider: max 20 s till 158°C och 5 min till 181°C. Tiden t = 0 startar vid 181°C.
- 4 Post DBE-provttid enligt Teknisk Specifikation.
- 5 Trycket 0,5 MPa abs ska hållas i minst 6h.
- 6 Trycket 0,55 MPa abs ska hållas i minst 6h 36m.
- 7 Spray startar vid t=0 + 10m och slutar vid 96h.

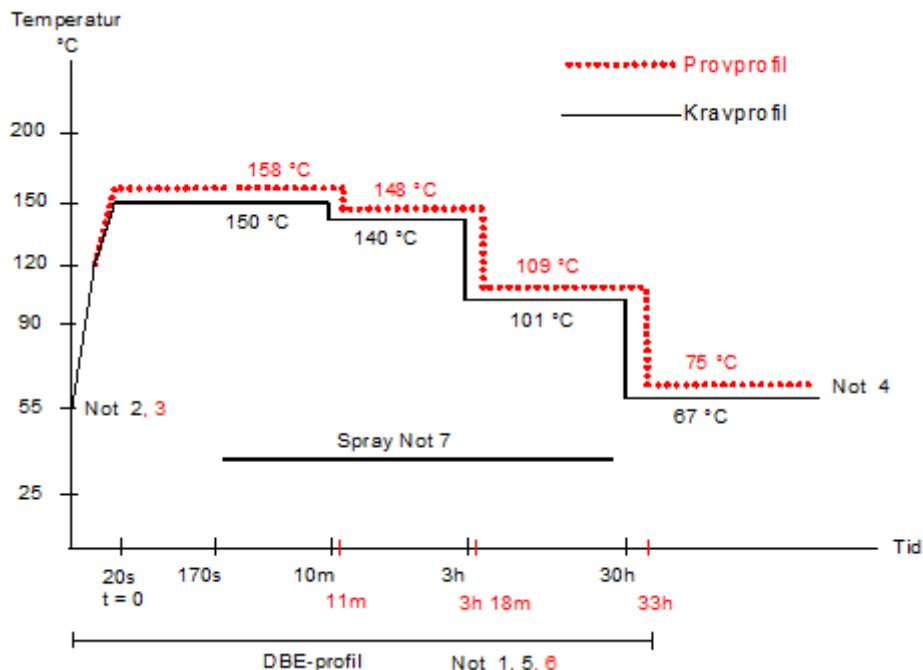
## BWR 2/BWR generisk, haverimiljö i reaktorinneslutningen



### Not

- 1 Angivna värden för temperatur och tryck ska uppnås eller överskridas.  
100 % RH gäller för hela krav- respektive provprofilen.  
Stig- och falltider ska vara kortast möjliga.
- 2 Stigtider: max 20 s till 150°C och 5 min till 173°C. Tiden t = 0 startar vid 173°C.
- 3 Stigtider: max 20 s till 158°C och 5 min till 181°C. Tiden t = 0 startar vid 181°C.
- 4 Post DBE-provttid enligt Teknisk Specifikation.
- 5 Trycket 0,5 MPa abs ska hållas i minst 6h.
- 6 Trycket 0,55 MPa abs ska hållas i minst 6h 36m.
- 7 Spray startar vid t=0 + 3h och slutar vid 96h.

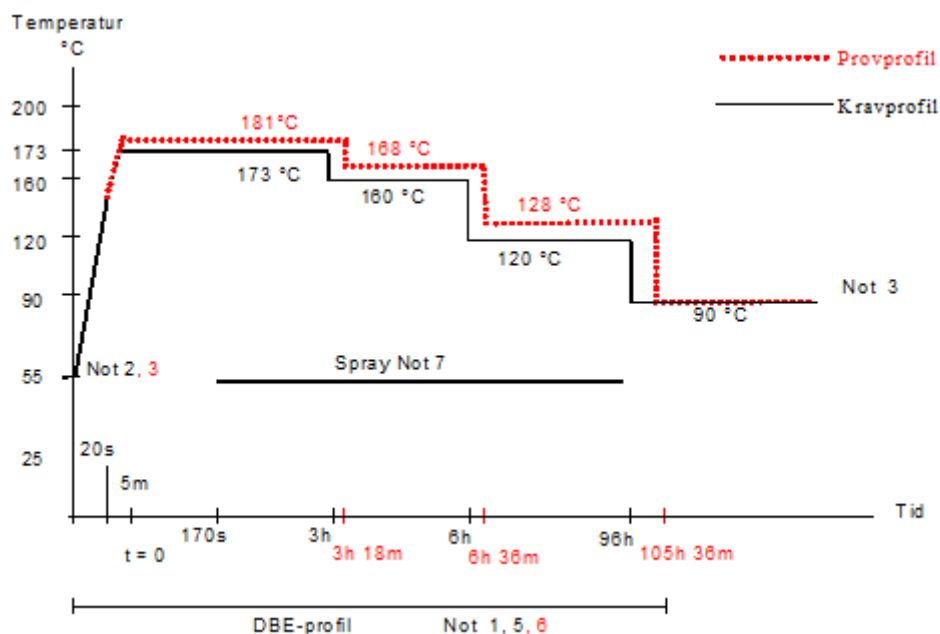
## PWR, haverimiljö i reaktorinneslutningen



### Not

- 1 Angivna värden för temperatur och tryck ska uppnås eller överskridas.  
100 % RH gäller för hela krav- respektive provprofilen.  
Stig- och falltider ska vara kortast möjliga.
- 2 Stigtider: max 20 s till 150°C. Tiden t = 0 startar vid 150°C.
- 3 Stigtider: max 20 s till 158°C. Tiden t = 0 startar vid 158°C.
- 4 Post DBE-provtid enligt Teknisk Specifikation.
- 5 Trycket 0,455 MPa abs ska hållas i minst 3h.
- 6 Trycket 0,5 MPa abs ska hållas i minst 3h 18m
- 7 Spray startar vid t=0 + 170s och slutar vid 30h

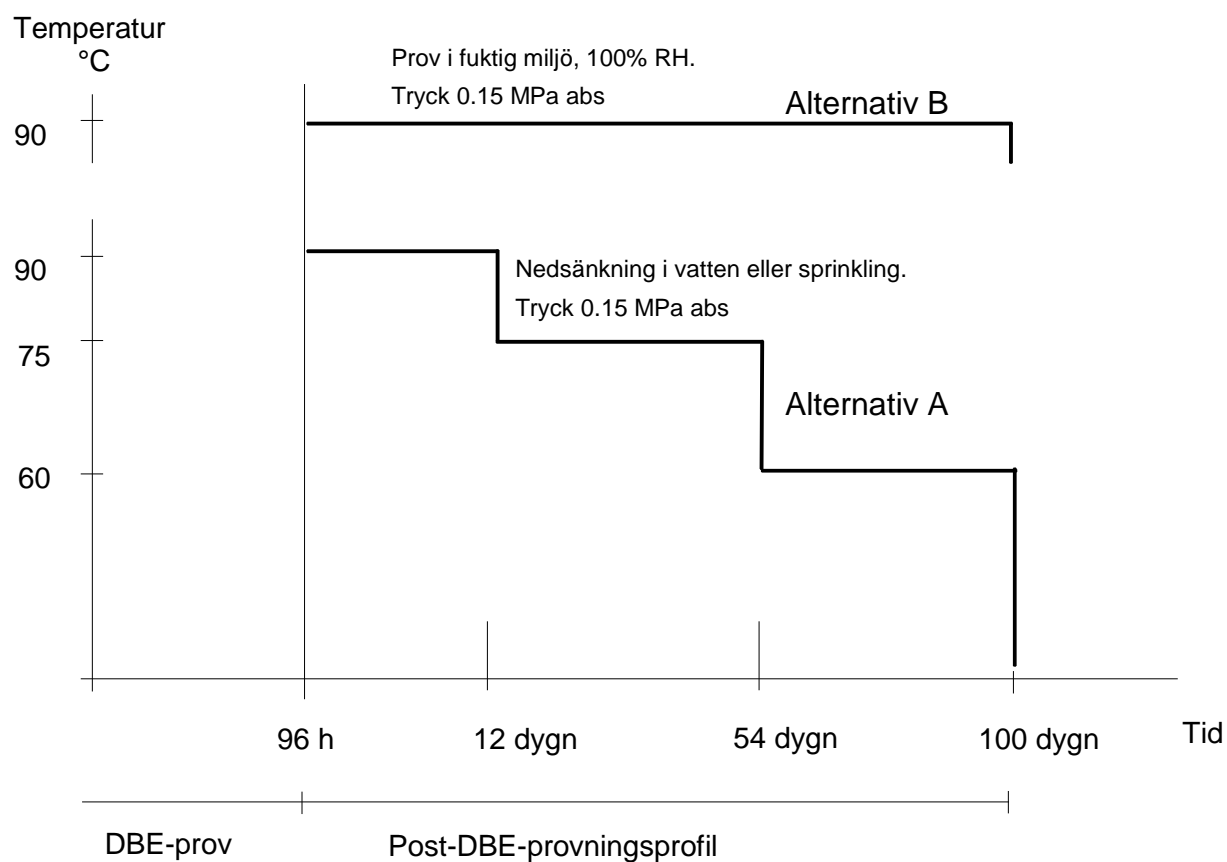
## BWR/PWR alla block, haverimiljö i reaktorinneslutningen, generell haverimiljö



### Not

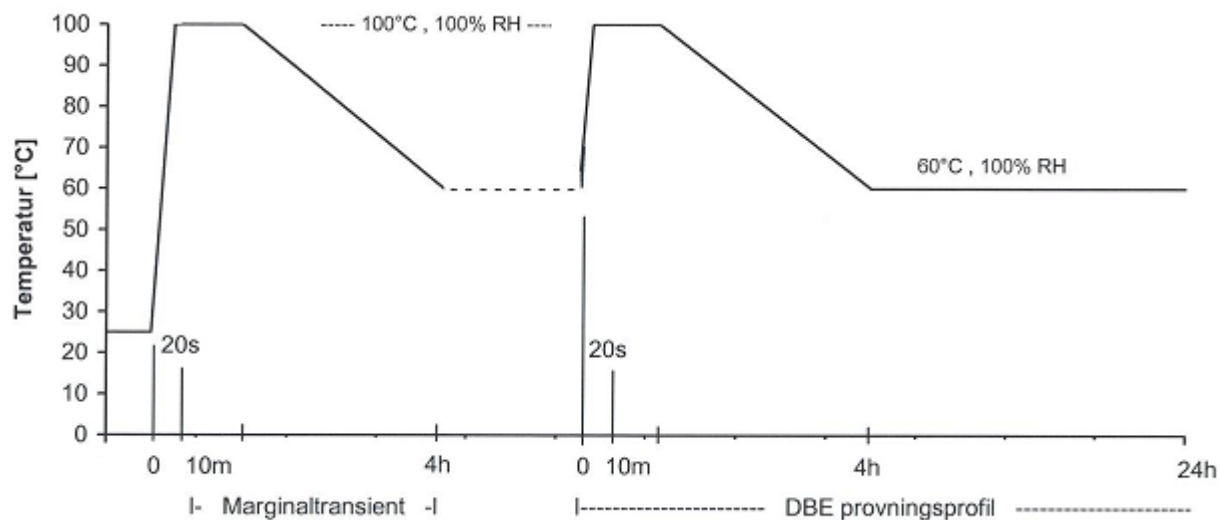
- 1 Angivna värden för temperatur och tryck ska uppnås eller överskridas.  
100 % RH gäller för hela krav- respektive provprofilen.  
Stig- och falltider ska vara kortast möjliga.
- 2 Stigtider: max 20 s till 150°C och 5 min till 173°C. Tiden t = 0 startar vid 173°C.
- 3 Stigtider: max 20 s till 158°C och 5 min till 181°C. Tiden t = 0 startar vid 181°C.
- 4 Post DBE-provtid enligt Teknisk Specifikation.
- 5 Trycket 0,5 MPa abs ska hållas i minst 6h.
- 6 Trycket 0,55 MPa abs ska hållas i minst 6h 36m
- 7 Spray startar vid t=0 + 170s och slutar vid 96h. De första 30h är PWR spray och de sista 66h är BWR spray.

## BWR generell, Post-DBE-förhållanden



## OKG 1-3, Ringhals 1, Haverimiljö utanför reaktorinneslutningen

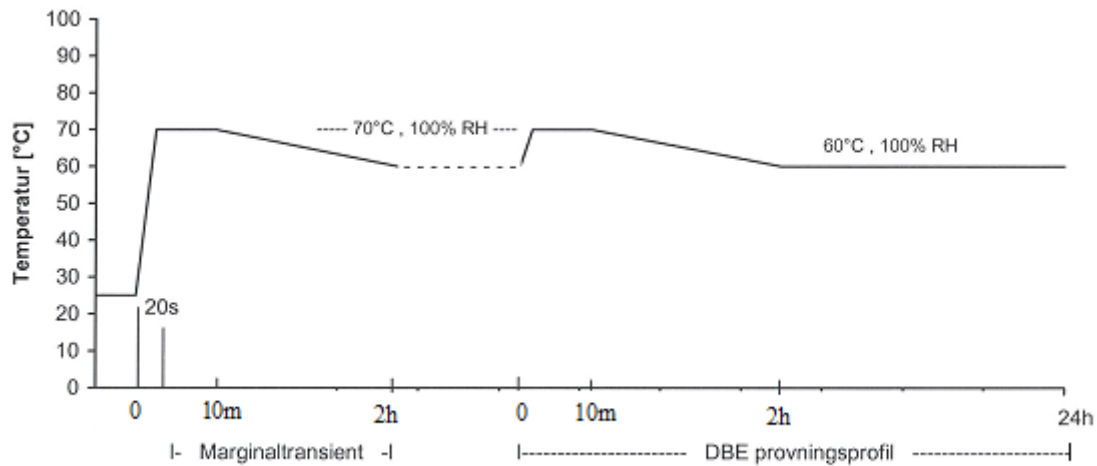
### Provprofil 1



- 1 **Not** Stigtider ska vara kortast möjliga för extremdrift och första DBE transienten. Angivna värde för temperatur och tryck ska uppnås eller överskridas.
- 2 Marginaltransienten kan utelämnas om temperaturen ökas med 8 °C och ett tillägg görs på 10 % för tryck och tid i den ovan angivna provningsprofilen.

## OKG 1-3, Ringhals 1, Haverimiljö utanför reaktorinneslutningen

### Provprofil 2

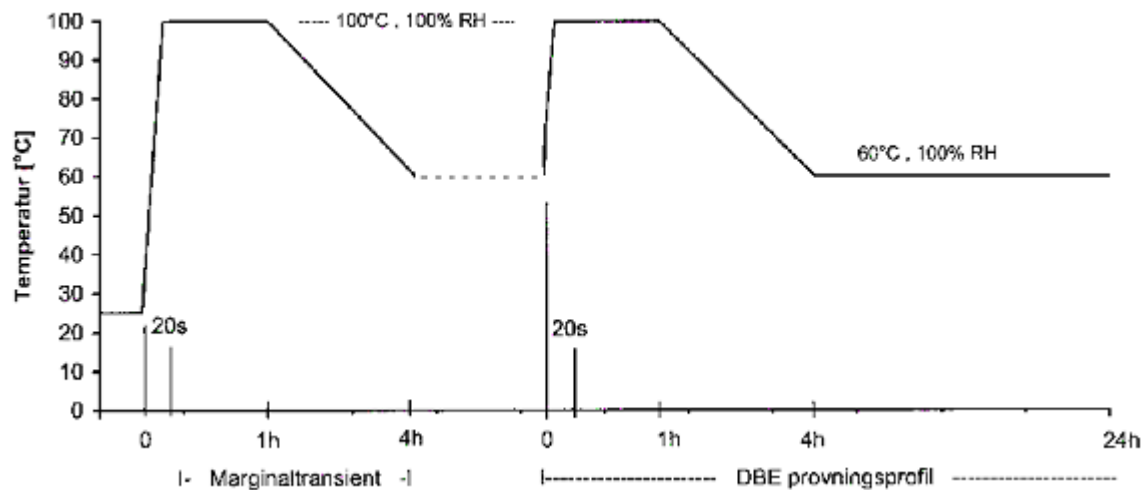


### Not

- 1 Stigtider ska vara kortast möjliga för extremdrift och första DBE transienten. Angivna värde för temperatur och tryck ska uppnås eller överskridas.
- 2 Marginaltransienten kan utelämnas om temperaturen ökas med 8 °C och ett tillägg görs på 10 % för tryck och tid i den ovan angivna provningsprofilen

## OKG 1-3, Ringhals 1-4, Haverimiljö utanför reaktorinneslutningen

### Provprofil 3



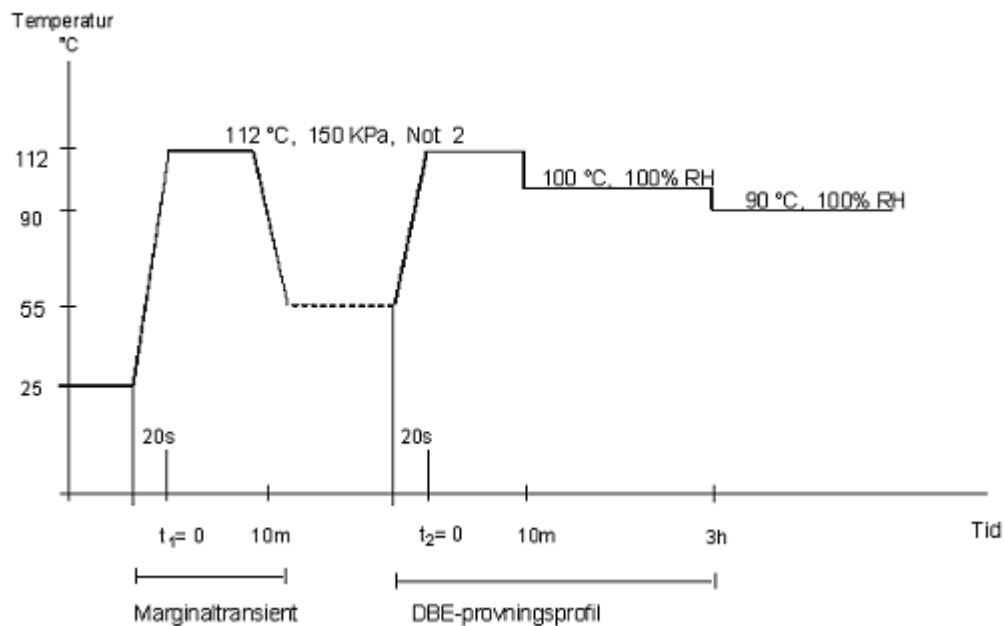
#### Not.

- 1 Stigtider ska vara kortast möjliga för extremdrift och första DBE transient. Angivna värde för temperatur och tryck ska uppnås eller överskridas.
- 2 Marginaltransienten kan utelämnas om temperaturen ökas med 8 °C och ett tillägg görs på 10 % för tryck och tid i den ovan angivna provningsprofilen.



## Alla block, Haverimiljö utanför reaktorinneslutningen

### Provprofil 4



#### Not.

1. Stig- och falltider skall vara kortast möjliga för extremdrift och första DBE transient.  
Angivna värden för temperatur och tryck skall uppnås eller överskridas
2. Marginaltransienten kan utelämnas om temperaturen ökas med 8°C och ett tillägg görs på 10 % för tryck eller tid i den angivna provningsprofilen.
3. Temperaturen från 3 h till 24 h ska vara minst 60°C