



Greenpeace protestiert bei der Ankunft der AREVA Plutonium MOX Brennstäbe am Atomkraftwerk Fukushima Dai-ichi, Japan, September 1999 © Greenpeace / MacColl

## LAGEBERICHT ZUR NUKLEAREN / RADIOLOGISCHEN SITUATION IN FUKUSHIMA DAI-ICHI

**JOHN H LARGE**  
**LARGE & ASSOCIATES**  
**Consulting Engineers, London**

**MAI 2011**

Die digitale Version dieses Lageberichts enthält Hyperlinks zu den Quellen und Hintergrundmaterialien. Die Druckversion enthält weder Links noch das vollständige Quellenverzeichnis.

Nr. R3196-AR2

### [Large & Associates](#)

Consulting Engineers

[The Gatehouse 1-2 Repository Road Ha-Ha Rd Woolwich Common London United Kingdom SE18 4BQ](#)

++44[0]20 8317 2860 ++44[0]20 83172859 mobile ++44[0]7971 088 086

[largeassociates@largeassociates.com](mailto:largeassociates@largeassociates.com)

V.i.S.d.P.: Heinz Smital (Greenpeace Deutschland), übersetzt von einem externen Übersetzungsbüro, 05/2011

**LAGEBERICHT ZUR  
NUKLEAREN / RADIOLOGISCHEN SITUATION IN FUKUSHIMA DAI-ICHI**

**ZUSAMMENFASSUNG**

In diesem Lagebericht werden die beiden zuvor von Large & Associates herausgegebenen Berichte [R3196-A1](#) und [R3197-A1](#) aktualisiert und zusammengefasst. Insbesondere wird eine Einschätzung der Details und des Umfangs der vom Anlagenbetreiber Tokyo Electric Power Company (TEPCO) veröffentlichten Informationen vorgenommen (bezüglich Anlagenstabilität und Anlagenzustands – vom Beginn des Vorfalls bis hin zur neuesten Enthüllung vom 15. Mai 2011, als TEPCO erstmals die Kernschmelze in Reaktorblock 1 eingestand).

Die nuklearen und radiologischen Situationen der Atomanlage Fukushima Dai-ichi sind weiterhin ernst. Aufgrund des Erdbebens und der Auswirkungen des nachfolgenden Tsunami wurden aufeinanderfolgend Explosionen bei jedem der drei in Betrieb befindlichen Siedewasserreaktoren ausgelöst. Ein vierter Reaktorblock wurde durch eine Wasserstoffexplosion stark beschädigt, obgleich er zum Unglückszeitpunkt außer Betrieb war. Es folgten wesentliche Freisetzungen von Radioaktivität in die Atmosphäre und die Meeresumwelt. Als man die sich verschlechternde Lage erkannte, revidierte die japanische Regierung am 11. April 2011 ihre Einschätzung zur Schwere des Vorfalls von INES 4-5 auf INES 7, d.h. einen Monat nach den Ereignissen des Erdbebens und des Tsunami Tohoku-Taiheiyou-Okii, durch den der Vorfall ausgelöst wurde.

In den Wochen nach Beginn der Katastrophe hat es TEPCO anscheinend versäumt, von der anfänglichen und sehr anspruchsvollen Rolle als *Feuerwehr* dazu überzugehen, die Kontrolle über die Lage durch Einleitung und Fortführung von Maßnahmen zur Schadensbegrenzung zu gewinnen. In den nachfolgenden Wochen wurde deutlich, dass die Einschätzung von TEPCO bezüglich der baulichen Schäden an den Reaktorgebäuden (einschließlich der Abwasserauffangbecken) unrealistisch optimistisch war. Das betraf insbesondere die Schäden an den Abwassersammelgruben, Gräben und Untergeschossen der angrenzenden Turbinengebäude, die fortlaufend mit beträchtlichen Mengen hoch radioaktiven Wassers gefüllt wurden. Beträchtliche Ressourcen mussten eingesetzt werden, um die bestehenden Lagermöglichkeiten anzupassen und neue Möglichkeiten zu schaffen. Trotzdem flossen tausende Tonnen aus oder mussten absichtlich direkt in die Meeresumwelt abgeleitet werden.

Obgleich die Indizien, viele davon aus Drittquellen, eine Verbindung zwischen dem Brennstoff von mindestens einem Reaktor (Block 2) und dem kontaminierten Wasser deutlich nahelegten, behauptete TEPCO weiterhin, dass alle drei Reaktordruckbehälter intakt seien und dass nur die oberen Bereiche (ca. 1,5m) des Kernbrennstoffs exponiert wären. Die als Notmaßnahme vorgenommene Wassereinspeisung in die Reaktordruckbehälter erfolge in ausreichender Menge, so die Aussage. Die Reaktordruckbehälter blieben teilweise gefüllt und seien somit in der Lage, die Hitze zu verteilen und abzuleiten und die Lage soweit zu stabilisieren, dass keine weiteren Schädigungen an den Brennelementen erfolgten. Das Vertrauen in diese Einschätzung war derart, dass die japanische Atomaufsicht NISA weiterhin tägliche Lageberichte über den inneren Zustand der Reaktordruckbehälter (Temperatur, Druck usw.) veröffentlichte. Daten, die überwiegend annehmen ließen, dass sich die Lage der Brennelemente stabilisiert hatte.

Darüber hinaus bestand in der offenbar gemeinsamen Einschätzung der Lage seitens TEPCO und NISA soweit Zuversicht, das TEPCO einen Plan ankündigte, nach dem der Sicherheitsbehälter (die den Reaktordruckbehälter umgebende Hülle) von Block 1 soweit geflutet werden sollte, dass dann der Wasserstand auf einer Höhe mit der Oberkante der im Reaktordruckbehälter befindlichen Brennelemente sein sollte. Der geflutete Sicherheitsbehälter würde, nach Angaben von TEPCO und NISA, eine größere thermische Masse von Kühlwasser und Oberfläche zur Hitzeabfuhr gewähren. Dadurch sollte die Nachzerfallshitze des im Reaktordruckbehälter befindlichen Kernbrennstoffs abgeleitet werden. Dieser Plan beinhaltete eine Reihe nicht identifizierter neuer Risiken, er wurde am 5. Mai mit einer fadenscheinigen und vier Seiten umfassenden [Zusammenfassung](#) und Rechtfertigung von TEPCO der Öffentlichkeit vorgestellt:

Erstens wurde durch den Vorschlag, das Kühlwasser weiterhin in die Reaktordruckbehälter einzuleiten (und damit auch über Verbindungen in den Sicherheitsbehälter), die Anzahl der Barrieren zwischen dem zerstörten Brennstoff und der Umwelt reduziert. Von zwei Barrieren – dem Reaktordruckbehälter und dem Sicherheitsbehälter – auf nur eine, den Sicherheitsbehälter. Dieses (dann hoch kontaminierte) Wasser könnte über die zum Reaktordruckbehälter führenden Ventile und Leitungen sowie Lecks wieder austreten. Zweitens war es bis zu diesem Zeitpunkt nicht möglich, die bauliche Kapazität für die Aufnahme von 7.400 Tonnen Wasser realistisch einzuschätzen, da der Zugang wegen der hohen Strahlenbelastung (insbesondere am Boden und im Erdgeschossbereich der Turbinenhalle) zum Gebäude von Block 1 zur Inspektion nicht möglich war. 7.400 Tonnen Wasser – eine bauliche Belastung, für die die über 40 Jahre alte Struktur nie ausgelegt war, insbesondere angesichts des Risikos künftiger Erbeben. Drittens (und möglicherweise als größtes Risiko) bestand die Frage, ob der Schweregrad der Schäden der Brennelemente derart gering und stabil war, wie von TEPCO eingeschätzt und von NISA berichtet. Insbesondere für den Fall, dass die Kernschmelze schon eingetreten und die geschmolzene Masse auf den Boden des Reaktordruckbehälters gerutscht war. Von dort aus würde sie, mit hoher Wahrscheinlichkeit, gewaltsam in das fortwährend in den Sicherheitsbehälter fließende Wasser entweichen können – ein Albtraumszenario, bei dem die Entstehung einer Explosion aus geschmolzenem Kernbrennstoff, Metall und Wasser denkbar wäre – und damit eine völlige Zerstörung des Sicherheitsbehälters sowie den umgebenden Block 1.

TEPCO meldete nach Zugang zu Block 1 viel höhere Strahlenwerte als erwartet – vor allem in Bereichen, in denen längere Arbeiten erforderlich waren. Interessanterweise berichtet TEPCO, dass die baulichen Schäden am Gebäude und den Reaktorversorgungsleitungen viel schwerwiegender waren, als zuvor eingeschätzt. Danach gab TEPCO den Plan auf, den Sicherheitsbehälter von Block 1 zu fluten.

TEPCO machte keine öffentliche Abschätzung darüber, ob die baulichen Schäden durch das Erdbeben, sprich vor dem Tsunami, bewirkt wurden und/oder durch die Wasserstoffexplosion, die ihren Ausgang im oberen Bereich des Reaktorgebäudes von Block 1 nahm. Ebenso sind die Einschätzungen über die bauliche Sicherheit von Fukushima Dai-ichi, die zuvor von NISA angefordert wurden, nicht an die Öffentlichkeit berichtet worden.

Die neuesten Fakten zur Entwicklung in Fukushima Dai-ichi beruhen auf Erkenntnissen bezüglich des Zustands des Reaktorkerns von Block 1. Dazu hat TEPCO laufend sogenannte [„Instrumentation Records“](#) bezüglich der Wasserhöhen in den Reaktordruckbehältern und den Brennstofftemperaturen während der ersten Stunden nach dem Tsunamis veröffentlicht. Die Daten stehen im krassen Gegensatz zu den vorherigen und täglichen Lageberichten, die in der Regel einen konsistenten und stabilen Zustand während der gesamten Folgezeit nach dem Erdbeben und Tsunami zeigten (ca. zwei Drittel unter Wasser, eine kontrollierte und annehmbare Temperatur und begrenzter Sachschaden).

Die neu veröffentlichten Fakten zeigen, dass der Reaktorkern nach drei Stunden nicht mehr von Flüssigkeit bedeckt war und dass der Reaktordruckbehälter nach zwölf Stunden komplett ohne Flüssigkeit war (bzw. dass die Kühlflüssigkeit 14 Meter unterhalb der Oberkante der Brennelemente lag [siehe Abb. 2]). Das widerspricht den täglichen Lageberichten von NISA, bei denen laufend eine Wasserhöhe von ca. 1,5 Meter unterhalb der Oberkante der Brennelemente gezeigt wurde. Aus diesen Daten konnte TEPCO nur geschlossen haben, dass der Reaktordruckbehälter von Block 1 im unteren Bereich beschädigt und leck war und nicht entsprechend aufgefüllt werden konnte.

Gleichermaßen musste (obwohl die täglichen NISA-Lageberichte nur die Reaktordruckbehälter-Manteltemperaturen betrafen) bekannt gewesen sein, dass diese Temperaturen keineswegs für die Temperaturen und Hitzeentwicklungen innerhalb des Reaktordruckbehälters aussagekräftig waren. Die neu veröffentlichten Daten zeigen die Brennelementetemperaturen (siehe Abb. 1), die von der normalen Betriebstemperatur von ca. 800 bis 900°C auf ca. 300°C sanken, als die Reaktorschnellabschaltung infolge des Erdbebens ausgelöst wurde. Es wird davon ausgegangen, dass die vom Stromnetz unabhängige, durch die Dampfturbine angetriebene Pumpe (und möglicherweise der Isolierungskondensator) die Kühlung für ein bis zwei Stunden fortsetzte. Die Brennstofftemperatur stieg binnen zwei Stunden rasant auf Schmelz- und Siedetemperaturen (ca.

2.800°C) an, wobei die aus geschmolzenem Kernbrennstoff und geschmolzenem Metall bestehende, Corium genannte, Masse herabsank auf den Boden des Reaktordruckbehälters. Während der ersten ein bis zwei Stunden dieses Schmelzprozesses waren die Reaktordruckbehälter-Dampftemperaturen genügend hoch, um eine exothermische Zircaloy-Dampf-Reaktion auszulösen und damit zusätzliche Wärme zu der Corium bildenden Mischung zu erzeugen und große Mengen Wasserstoff freizusetzen (der ca. 24 Stunden nach dem Vorfall explodierte) sowie die Basisplatten aus Borlegierung zum Schmelzen zu bringen und Neutronenaktivität innerhalb des Coriums auszulösen.

Nach Aussagen von TEPCO könnte es bei völligem Schmelzen des Reaktorkerns von Block 1 zum Durchbruch des Bodens des Reaktordruckbehälters und (teilweisem oder vollständigem) Austritt des Coriums und so zu einer Druckbelastung des Sicherheitsbehälters kommen (oder es ist gar bereits dazu gekommen), da nicht kondensierbare Gase durch die Wechselwirkung zwischen Corium und Beton entstehen. Das führt wiederum zur Freisetzung von Radioaktivität in die Umwelt (bis das Corium ausreichend abgekühlt ist). Diese Corium-Beton-Reaktion könnte wochen- oder monatelang andauern. Bei den Blöcken 2 und 3 sind die Zustände der Reaktorkerne und die radiologischen Lagen noch ungewisser. Es wird (ausgehend vom hohen Kontaminationsgrad des Ab- und Sumpfwassers) angenommen, dass den Sicherheitsbehälter umgebende Strukturen von Block 2 (und möglicherweise von Block 3) beschädigt und teilweise überflutet sind.

Wegen des Eindringens des Brennstoff-Corium-Gemischs in die Sicherheitsbehälter besteht auch hier das Risiko einer Explosion durch die Reaktion von Corium und Wasser, wodurch die Sicherheitsbehälter und das umgebende Bauwerk über das jetzt schon bestehende Maß hinaus ernsthaft beschädigt werden könnten. Aber auch beim Ausbleiben eines solchen neuen zerstörerischen Ereignisses erweist sich die Tatsache, dass die Corium-Masse (die Blöcke 2 und 3 hatten ungewöhnlich große Reaktorkerne) ins Grundwasser gelangen könnte, und weiter ins Meer.

Erstaunlich ist darum, dass TEPCO (mit Billigung von NISA) dazu überging, ihren [„Plan der kalten Abschaltung“](#) durchzuführen, wofür es absolut notwendig war, dass der untere Abschnitt des Reaktordruckbehälters keinem Risiko eines Corium-Durchschmelzens (Ejektion) ausgesetzt ist. Und das, obwohl TEPCO bereits wusste, dass die Brennelemente schon geschmolzen und auf den Boden des Reaktordruckbehälters gesunken waren (siehe Abb. 3).

Die für TEPCO verfügbaren Optionen waren klar. Entweder den Reaktordruckbehälter fluten (WET-Option) und hoffen, dass das Corium nicht durch den Boden des Reaktordruckbehälters dringen würde bevor der Reaktordruckbehälter völlig geflutet wäre (ca. drei bis vier Wochen). Oder den Sicherheitsbehälter leer pumpen (DRY-Option) und die Corium-Masse ihren natürlichen Weg nehmen lassen, wobei sie möglicherweise aus dem Reaktordruckbehälter gelangen würde.

Die Chancen und Ergebnisse dieser beiden Szenarien sind sehr verschieden, wobei weder NISA eine formelle Analyse der vergleichweisen Risiken, Vorteile und Nachteile forderte, noch TEPCO eine solche erarbeitete. Jedoch ist die abgewogene Entscheidung eindeutig, da, falls Corium in einen teilweise gefluteten Sicherheitsbehälter gelänge, eine Explosion durch geschmolzenes Metall und Wasser mit völliger Verwüstung des Sicherheitsbehälters erfolgen könnte – was eine massive Freisetzung von radioaktiven Kernspaltprodukten mit Auswirkungen auf viele Tausende von Personen im Gebiet von Fukushima und darüber hinaus haben könnte. Falls andererseits das Corium seinen eigenen Weg nimmt und in einen leer gepumpten Sicherheitsbehälter gelangt (was immer noch geschehen könnte), würde die Freisetzung von Radioaktivität geringer heftig sein, sich also über einen viel längeren Zeitraum erstrecken und sehr wahrscheinlich (bezüglich der radiologischen Folgen) besser zu bewältigen sein.

Eine weitere radiologische Folge der Flutungs- bzw. „Wassersarkophag“-Option ist, dass die Leckage aufgrund fehlender Wasserspeicherkapazität im Kraftwerk von Fukushima und wegen der fortwährenden Einspeisung von Kühlwasser zusätzlich zu den tausenden Tonnen hochgradig kontaminierten Wassers, die ins Meer abgeleitet wurden, weitere Kontaminations- und Freisetzungswegen in die Meeresumgebung ermöglicht. Im Gegensatz dazu gestattet die DRY-Option, dass die geschmolzenen Kerne im Verlauf der Zeit ihren eigenen Weg suchen und damit die Quelle der Radioaktivität von dem direkten Wasserdistributionsweg trennen. Zur Begrenzung der Freisetzung von Radioaktivität in die Luft erfordert diese Option einen „trockenen Sarkophag“-Sicherheitsbehälter, der rund um die Reaktorgebäude der Blöcke 1, 2 und 3 und darüber hinaus zu

installieren ist. Aber auch wenn die DRY-Option nicht gewählt wird, ist eine Form von Sarkophag-Sicherheitsbehälter erforderlich, um weitere Freisetzungen durch den Kernbrennstoff in den Abklingbecken der Blöcke 1, 3 und 4 (und möglicherweise Block 2) zu minimieren. Interessanterweise kann festgestellt werden, dass nachdem die Ereignisse von Tschernobyl ihren Verlauf nahmen, dort ein Sarkophag errichtet wurde, um die Freisetzung von Radioaktivität zu minimieren. Eine besondere Wasserkühlung fehlte.

Tatsächlich ist die Art und Weise, wie TEPCO die Öffentlichkeit über die radiologischen Vorteile und Risiken der Flutungs-Option und der DRY-Option im Unklaren ließ, kennzeichnend für das kurzsichtige Herangehen. Man könnte die Meinung vertreten, dass das Management von TEPCO in dieser Situation mit ernsthaften radiologischen Folgen planlos verfährt und von einer Krise in die nächste stolpert.

Es ist nicht klar, warum TEPCO beschlossen hat, diese wichtigen Daten nicht früher als am 15. Mai 2011 zu veröffentlichen. Mit Sicherheit hatte TEPCO zu einem früheren Zeitpunkt Zugang zu diesen Daten, und zweifellos konnten sie jederzeit danach aus den üblicherweise vorhandenen Information-Back-Up-Systemen abgeleitet werden. Auch die Rolle und Einschätzung der NISA bei der Darstellung der täglichen Lageberichte über den Reaktorzustand sind fragwürdig, vor allem weil NISA bekannt sein musste, dass sich zumindest bei Block 1 eine vollständige Kernschmelze binnen 16 Stunden oder weniger nach dem Erdbeben ereignet hatte. Es ist verblüffend, warum sie sogar mit Kenntnis der die Lage weiterhin ihre täglichen, jedoch bezugslosen Werte der Reaktordruckbehälter-Manteltemperaturen veröffentlichte.

Was bestenfalls als Missmanagement bezüglich der Informationsbereitstellung ausgelegt werden muss, hat Beobachter und Analysten im Verlauf des Vorfalles von Fukushima Dai-ichi frustriert.

Schlimmstenfalls führten die zurückgehaltenen Informationen mit hoher Wahrscheinlichkeit zu fehlerhaften Entscheidungen und Managementaktionen, sowohl vor Ort selber, als auch anderenorts: Vor Ort könnte den Arbeitern, die wesentliche Korrekturarbeiten planten und durchführten, wichtige Informationen vorenthalten worden sein. Diese hätten es ihnen ermöglicht, ihre individuellen Strahlungswerte zu minimieren und/oder zu optimieren. Die Konsequenzen und/oder Dominoeffekte hätten zuverlässiger prognostiziert, die radiologische Lage hätte besser, schneller und mit größerer Sicherheit kontrolliert werden können. Anderenorts könnte die Geheimhaltung des Ausmaßes des Brennelementeschadens bei Block 1 eine falsche Vorstellung bezüglich der Kompetenz von TEPCO heraufbeschworen haben, einen solch ernsthaften radiologischen Vorfall zu bewältigen. Es könnte zu einer der Situation nicht angemessenen Einschätzung des herrschenden Risikos und der Gefahr geführt haben, die die Unterbringung Tausender Menschen in der Region, ihrer Evakuierung und Durchführung von Hilfsmaßnahmen behindert hat.

Außerhalb Japans waren nationale Regulierungsbehörden für nukleare Sicherheit gezwungen, die Sicherheit von Atomanlagen erneut zu überprüfen. Es wurden sogenannte „Stresstests“ entwickelt – ohne das volle Wissen, wie sich die Atomanlagen von Fukushima Dai-ichi bei dem Blackout des Atomkraftwerks tatsächlich verhalten hatten – wobei (angesichts des Fehlens dieser wesentlichen Informationen) vermutet werden musste, dass die Reaktorkerne von Leichtwasserreaktoren bedeutend stabiler sind, als bislang angenommen.

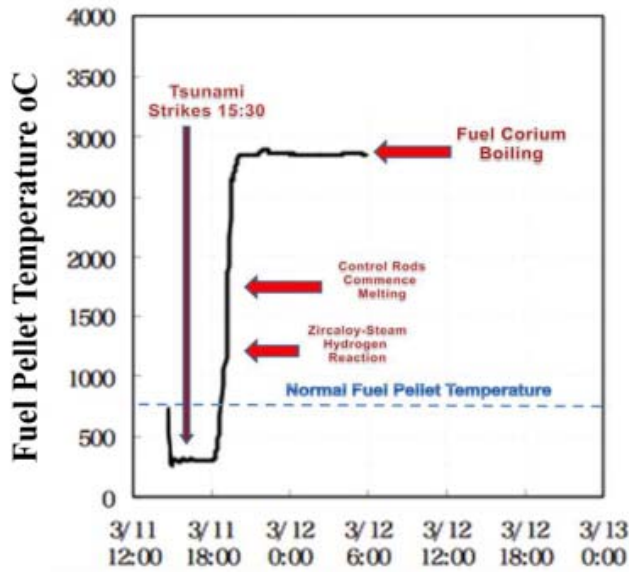
**JOHN H LARGE**

**LARGE & ASSOCIATES**

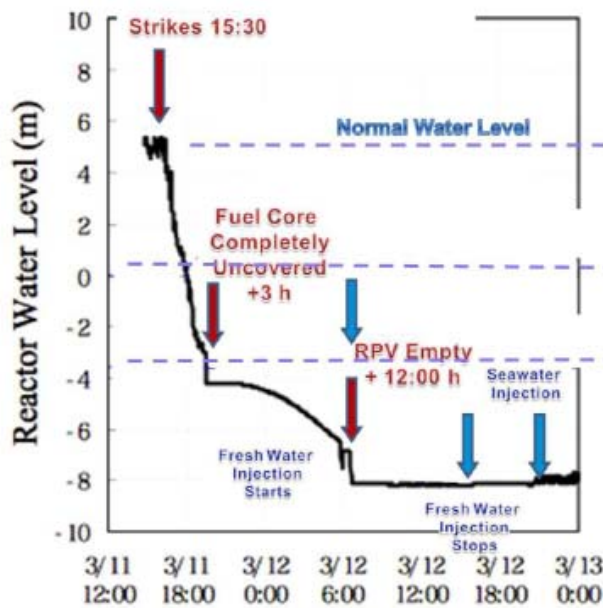
**Consulting Engineers, London**



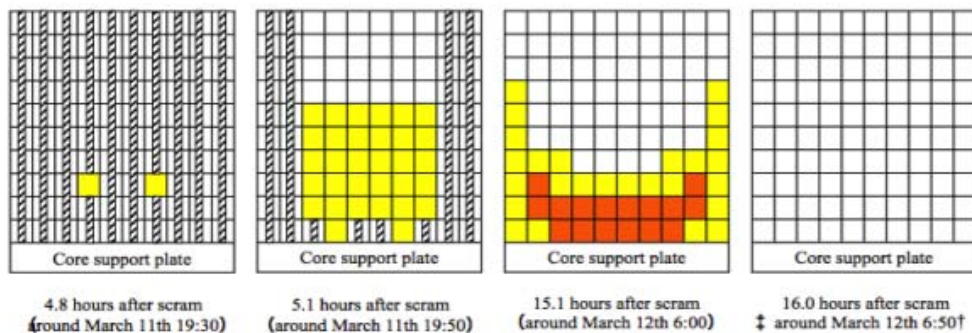
## UNIT 1 REACTOR CORE STATUS FUKUSHIMA DAI-ICHI – TEPCO 15 MAY 2011



**FIGURE 1 FUEL PELLET TEMPERATURES - UNIT 1 FUEL CORE**



**FIGURE 2 RPV WATER LEVELS AND COOLANT INJECTION TIMES**



**FIGURE 3 FUEL CORE MELT AND CORE AREA EXIT TIMES**