نشرة الدروس المستفادة رقم 6

الوقاية من الحوادث الكيميائية والاستعداد لها

الحوادث الطبيعية التكنولوجية

الهدف من النشرة هو تقديم نظرة متعمقة على الدروس المستفادة من الحوادث المُبلغ عنها لدى مشغلي النظام الأوروبي للإبلاغ عن الحوادث الكبرى والهيئات التنظيمية الحكومية. في المستقبل سيتم إصدار نشرة الدروس المستفادة للوقاية من الحوادث الكيميائية والاستعداد لها (CAPP) على أساس نصف سنوي. يركز كل إصدار من النشرة على موضوع معين.

ملخص

في إطار إعداد هذه النشرة، تمت دراسة أكثر من 20 حادثة كبرى من قاعدة بيانات eMARS وeNatech لمركز الأبحاث المشتركة (JRC) وغيرها من المصادر المفتوحة العامة. تم اختيار الأحداث لإبراز إمكانية تسبب مجموعة متنوعة واسعة النطاق من المخاطر الطبيعية في وقوع حوادث كبرى. المخاطر الطبيعية المحددة هي البرق والأمطار الغزيرة ودرجة الحرارة الشديدة والزلازل والفيضانات والأعاصير. هذا وقد تم إجراء دراسة حول حالة تقليل المخاطر الطبيعية التكنولوجية في الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي من خلال إجراء استطلاع استبياني.

http://enatech.jrc.ec.europa.eu

الرجاء ملاحظة ما يلي:

اعتمد وصف الحوادث والدروس المستفادة على تقارير الحوادث المُرسلة إلى النظام الأوروبي للإبلاغ عن الحوادث الكبرى.

https://emars.jrc.ec.europa.eu

وكذلك على مصادر مفتوحة أخرى. تتكون قاعدة بيانات النظام الأوروبي للإبلاغ عن الحوادث الكبرى (EMARS) من أكثر من 900 تقرير عن الحوادث الكيميائية قدمتها الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي ودول منظمة التعاون والتنمية.

البرق

يُعد البرق أحد أكثر العوامل المتسببة في حرائق الصهاريج فيما يتعلق بالأحداث الطبيعية التكنولوجية. يمكن أن تدمر صعقات البرق المعدات مباشرةً، مثلاً بالتسبب في شق أغطية الصهاريج أو الأنابيب والتوصيلات. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤثر أيضًا على أنظمة السلامة والتحكم الكهربائي، والتي يمكن أن تؤدي في المقابل إلى حدوث أعطال وتسرب مواد خطرة. على الرغم من ذلك، يتضمن أكثر سيناريوهات الحوادث الطبيعية التكنولوجية انتشارًا اشتعال الأبخرة القابلة للاشتعال على سطح صهريج.

الحادث رقم 1
تصنيع المنتجات الغذائية والمشروبات

تسلسل الأحداث

في 24 يوليو 2000، تمت ملاحظة حدوث عواصف رعدية بالقرب من مصنع لتكرير السكر، مما تسبب في إيقاف الشركة لتحميل الشاحنات. في حوالي الساعة 4:35 مساءً، أغلق المشغل الصمام السفلي للخزان المستخدم في عمليات التحميل. بعد ذلك بعشر دقائق، ضرب البرق سقف أحد صهاريج الكحول وتسبب في حدوث انفجار. انفصل سطح الصهريج إلى الأعلى وسقط مرة أخرى داخل الصهريج. ثم اشتعلت النيران. لم تمتد ألسنة اللهب خارج الخزان وظل الهيكل سليمًا، ولكن الصدمة تسببت في حدوث تصدعات بالصمام السفلي للخزان. لم يصب أحد نتيجة الحادث ولكن تم تقدير الخسائر الناتجة عن الحادث بما يزيد عن 2.3 مليون يورو.

الأسباب

وكان سبب الحادث البرق الذي ضرب الصهريج.

نتائج مهمة

- لم يكن الصهريج مجهزًا بمانعات اللهب على فتحات التهوية على الرغم من وجود دراسة لتقييم مخاطر البرق قبل وقوع الحادث بـ 18 شهرا وكانت قد أوصت باستخدام مانعات اللهب على فتحات التهوية وصمامات التنفس على الصهاريج.
- كان قد تم تركيب أجهزة الحماية المباشرة من البرق (مانعات الصواعق)، ولكن ربما كان نظام التوصيلات السلكية غير كافٍ فقد تم تصميمه لحمل التيارات الكهربية الناشئة عن تصريف شحنات في الغلاف الجوي (الربط متساوي الجهد بين الصهاريج المختلفة ونقاط التأريض)، وهو موجود في أماكن معينة لحماية مناطق محددة من مخاطر البرق.
- وضربت صاعقة برق أخرى قبل ذلك بلحظات منطقة بالقرب من برج كهرباء. بالتأكيد، تسببت الطاقة الموصلة إلى الأرض في حدوث تغييرات في خصائص التربة الواقعة بالقرب من موقع التخزين.

الدروس المستفادة

- يمثل البرق خطرًا شائعًا في الصهاريج المصممة للتخزين فوق الأرض ويجب تناوله في تقرير السلامة.
- لا بد من تركيب معدات سلامة مناسبة، مثل مانعات اللهب، لاسيما بعد التوصية الواردة في دراسة لتقييم مخاطر معينة.

[حادث النظام الأوروبي للإبلاغ عن الحوادث الكبرى (EMARS) رقم 394 وARIA رقم 18325]

نشرة MAHBULLETIN

وحدة تقييم تكنولوجيا الأمن
مؤسسة حماية المواطن وأمنه
المفوضية الأوروبية
إيطاليا (VA) Ispra 21027
https://ec.europa.eu/jrc

رقم 6
ديسمبر 2014
JRC93386

European Commission

حقوق الطبع والنشر © محفوظة للاتحاد الأوروبي، 2014

الحوادث الطبيعية التكنولوجية

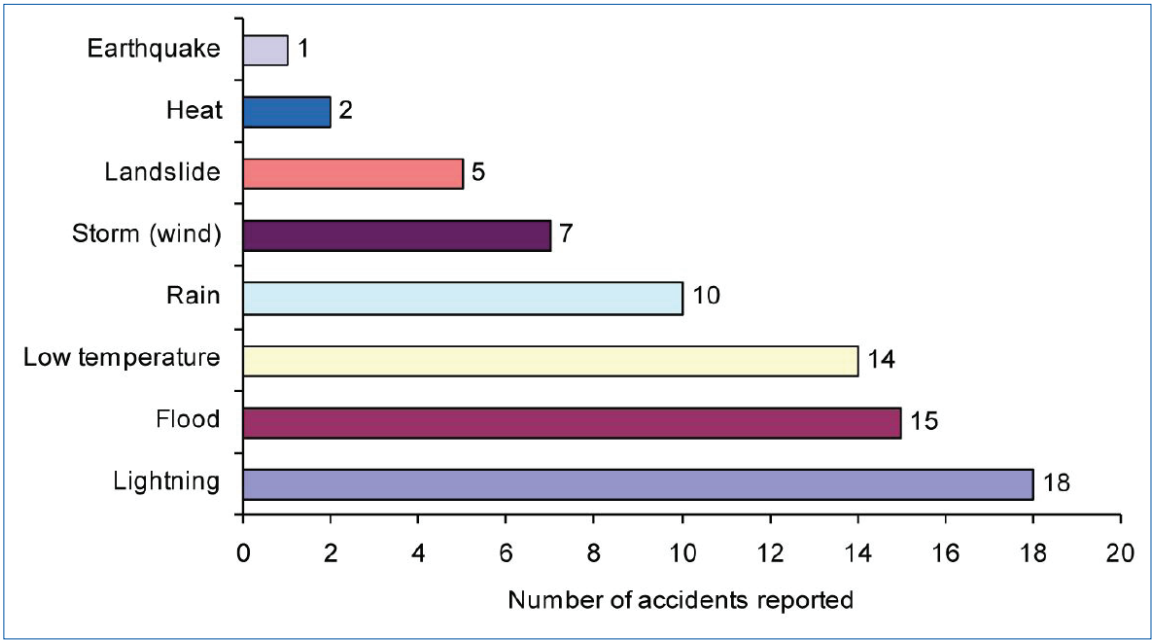
طبيعة الحوادث الطبيعية التكنولوجية

يمكن أن تؤدي الأخطار الطبيعية، مثل الزلازل والفيضانات والصواعق والانهيارات الأرضية، وما إلى ذلك، التي تؤثر على التركيبات الكيميائية إلى فقدان القدرة على احتواء المواد والتسبب في تسرب المواد الخطرة والحرائق والانفجارات. يمكن أن تتسبب هذه المخاطر في وقوع أحداث فقدان للتحكم متعددة وفورية في مساحات ممتدة، وكذلك تدمير حواجز السلامة ووسائل النجاة، ووجود بيئة استجابة صعبة. وغالبًا ما توجد عواقب اجتماعية وبيئية واقتصادية خطرة لما يطلق عليه الحوادث "الطبيعية التكنولوجية". ويتزايد الوعي بهذا النوع من المخاطر، كما اتسع إدراك المختصين لأهمية تناولها ضمن إجراءات الوقاية من الحوادث الكيميائية والحد من آثارها. على الرغم من ذلك، لا تزال توجد فجوات مهمة في الحد من مخاطر الحوادث الطبيعية التكنولوجية.

الإحصائيات

هذا وقد تم إجراء دراسة حول حالة تقليل المخاطر الطبيعية التكنولوجية في الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي من خلال إجراء استطلاع استبياني. يبين الشكل 1 أنواع المخاطر الطبيعية التي تسببت في وقوع حوادث طبيعية تكنولوجية خلال الفترة ما بين عامي 1990 و2009 والتي سجلتها 5 دول في إطار الاستبيان. ويوضح الشكل أن البرق والفيضانات ودرجات الحرارة المنخفضة كانت مسببات الحوادث الأكثر شيوعًا. من المدهش ملاحظة أن معظم المخاطر الطبيعية التي تسببت في وقوع حوادث طبيعية تكنولوجية كانت مخاطر موضوعة في الاعتبار في قواعد البلدان المعنية وقوانينها ومبادئها التوجيهية للوقاية من الحوادث الكيميائية.

تتضمن أيضًا الحالات المحددة عددًا من الدروس المستفادة، لم يتم توضيحها جميعًا. تسلط النشرة الضوء على ما تعتبره أكثر أهمية لهذا الموضوع، مع قيود عدم توفر التفاصيل الكاملة للحادث غالبًا واستناد الدروس المستفادة إلى ما يمكن استنتاجه من الوصف المزود. يشكر المؤلفون مندوبي البلدان الذين أمدونا بالنصائح لتحسين شرح الحالات المختارة.



الشكل 1: مسببات الحوادث الطبيعية في الحوادث الطبيعية التكنولوجية كما سجلتها البلدان المستجيبة في إطار هذه الدراسة.

الحادث 2
عاصفة رعدية في مصنع تكرير

نتيجة لحدوث عاصفة رعدية حدث انقطاع كبير في التيار الكهربائي الخاص بمصنع تكرير مما أسفر عن فقدان تبريد السائل المعاد إلى عمود التقطير في وحدة الهدرجة الانتقائية. وقد لوحظ العطل الأول لمضخة السائل المعاد وتمت إعادة تشغيل المضخة، بينما مر العطل الثاني دون أن يلاحظه أحد. وكان يتم التحكم في إمداد البخار إلى غلاية العمود يدويًا وبالتالي لم يتعطل مما أدى إلى ارتفاع في ضغط العمود. لم تعمل صمامات أمان الضغط، والمصممة لحماية المعدات من الضغط الزائد، بشكل صحيح، مما أدى إلى ارتفاع الضغط في العمود والنظام الفوقي. وأدى ذلك إلى إطلاق كمية كبيرة من الغاز في الغلاف الجوي بعد فشل حشيات منع التسرب في عدة مواقع. (المصدر: SafeWork Australia)

- قد يكون تأثير الصواعق البرقية على مصادر الكهرباء سببًا غير مباشر لفقدان إمكانية احتواء المواد نتيجة لأعطال التشغيل. يجب وضع ذلك في الاعتبار في تقييم مخاطر الموقع كما يجب تقييم عناصر السلامة الضرورية التي قد تتأثر وفقًا لذلك.

الحوادث المشابهة: حادث النظام الأوروبي للإبلاغ عن الحوادث الكبرى (eMARS) رقم 483 وحادثا النظام الإلكتروني للحوادث الطبيعية التكنولوجية رقما 47 و18؛ حادث ARIA رقم 40953؛

http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/casetexaco94.htm

الحادث 3
مصنع المستحضرات الدوائية

تسلسل الأحداث

بعد موجة من الأمطار الغزيرة (حوالي 300 ملم من 31 أكتوبر إلى 2 نوفمبر منها 3 ساعات من هطول الأمطار شديدة الغزارة)، تسبب التصريف غير الكافي للمياه من مبيت منطقة تجميع المياه بالمنطقة الصناعية في حدوث فيضان. وصل مستوى المياه في الموقع بالكامل من 20 سم إلى 1 متر. ونظرًا لمضي عملية التصنيع قدمًا، فقد ضرب فريق العمل جرس التنبيه حتى قبل مراقبة ارتفاع منسوب المياه في المنشأة. نفّذ المشغل خطة الطوارئ الداخلية يوم الأحد 2 نوفمبر في الساعة 04:00 ص تقريبًا وكون قسمًا لإدارة الأزمات يضم 6 وحدات (التدخل، والاتصالات، والهندسة، والمعلومات، والتشغيل والخدمات اللوجستية). استخدم المشغل موارد كبيرة لرفع المعدات والمواد أو إخلائها، والحفاظ على أهم المواد الكيميائية (من حيث السلامة والقيمة المالية) بعيدًا عن الماء، ووقف عمليات التصنيع جنبًا إلى جنب مع الطي الآمن للمعدات (مراحل التوقف الآمن المحددة في حالات السلامة للتفاعلات الكيميائية باستثناء المفاعلات الساخنة والتي يجب تبريدها أولاً قبل الإغلاق) ووضع خطط قطع التيار الكهربائي قبل إغراق الفيضان للمعدات الحساسة. غمرت مياه الفيضان مصنع المواد الكيميائية بالكامل حيث تراوح مستوى المياه من 0.2 إلى 1 متر. وكانت الخسائر داخل المصنع محدودة نسبيًا بسبب الإجراء الفوري الذي اتخذه المشغل. نتج عن الفيضان إتلاف المياه لبعض المعدات بشكل كبير أو حدوث تلفيات كبيرة في منشآت محددة.

الشكل 2: الموقع المتأثر (المصدر: ARIA رقم 35426)

الأسباب

وتسببت الأمطار الغزيرة خلال الأيام السابقة في إغراق الموقع. لم تكن المنطقة تقع في مكان يسهل غمره بالمياه لكن نظرًا لوجود الموقع في منخفض طبيعي، فقد تم غمره على الرغم من تشييد المنصة على ارتفاع يتراوح من 0.8 إلى 1.5 متر في وقت تشييد الموقع. حدث الفيضان بسبب عدم كفاية تصريف المياه من مبيت منطقة تجميع المياه بالمنطقة الصناعية نظرًا لهطول الأمطار الغزيرة على مدى فترة زمنية قصيرة.

نتائج مهمة

- لم تكن المنطقة مصنفة كمنطقة معرضة للفيضانات، على الرغم من تعرضها إلى أمطار أقل كثافة قبل خمس سنوات من الحادث. وبلغ مستوى المياه آنذاك 662.2 متر (تم تشييد منصة الموقع على ارتفاع 662.5 متر)، بينما وصل مستوى المياه في تاريخ الحدث إلى 663 مترًا.

الأمطار الغزيرة والفيضانات

تسببت الأمطار الغزيرة في العديد من المناسبات في إغراق أسطح الصهاريج، وبالتالي تعريض محتويات الصهريج للغلاف الجوي. بالإضافة إلى ذلك، وخلال فترات الأمطار المستمرة، يمكن أن تتعرض المواقع إلى الغرق نتيجة عدم كفاية تصريف المياه أو نتيجة لارتفاع منسوب المياه الجوفية. يمكن أن تتسبب الأمطار الغزيرة أيضًا في تفاقم العواقب المترتبة على حالات الانسكاب عن طريق كونها وسيلة لانتشار المواد المتسربة. في بعض الحالات، قد يتجاوز التسرب سعة الحاوية الثانوية (لا سيما إذا اقترن بفيضانات محلية). لهذا السبب، قد يكون من الضروري النظر في اتخاذ تدابير ثلاثية، على سبيل المثال، مصرف لموقع تخزين تحت السيطرة ومغلق يمنع التسرب (أو التدفق الملوث) من الوصول إلى المسطحات المائية القريبة أو التصريف في المياه العامة وأنظمة الصرف الصحي.

يمثل نقل المعدات أهمية خاصة في حالة الفيضانات العارمة بسبب الطفو الناجم عن الفيضانات وسحب المياه التي يمكن أن تمثل عامل ضغط على الوصلات بين الأنابيب والمعدات أو تكسرها أو تتسبب في تشقق الأنابيب. يرتبط عدد من العواقب المحتملة على وجه الخصوص بمياه الفيضانات، بما في ذلك:

- يمكن أن تؤدي مياه الفيضانات إلى حدوث تسريبات طفيفة، أو في بعض الحالات، تصدعات أشد وتسريبات مستمرة.
- حيثما يكون ضغط مياه الفيضانات كافيًا للتسبب في انهيار الخزان أو تدميره، سيتم تسريب المخزون الموجود بالوحدة المعنية بالكامل على الفور.
- وقد تصطدم الأجسام العائمة بالمعدات أيضًا مسببةً الشقوق أو التصدع.

(تابع الحادث 3)
مصنع المستحضرات الدوائية

الدروس المستفادة

- يمكن أن تحدث الفيضانات حتى في منطقة لم يتم تصنيفها كمنطقة معرضة للفيضانات؛ وبالتالي، يمثل الإنذار المبكر أمرًا حاسمًا لتوحيد جهود وحدات إدارة الأزمات معًا وتنظيم جميع عمليات الإنقاذ.
- حدث تلف بالغ في بعض المعدات. وبالتالي، من المهم منع الأدوات الخطيرة أو المعدات المختبرية من ملامسة الماء. بالإضافة إلى ذلك، يجب تخزين المواد الكيميائية التي تتفاعل بشدة مع الماء على ارتفاع فوق مستوى الحد الأقصى للمياه تحسبًا لجميع السيناريوهات الممكنة للفيضانات أو يجب حمايتها بواسطة سدود.
- يجب أن يكون المشغلون على استعداد لحالة الغمر المحتمل للمصنع في حالة هطول الأمطار الغزيرة. يجب أن يكون هناك جهد حقيقي ومقصود لمواصلة الإلمام بحالات الفيضانات الشديدة في الموقع وحوله. حتى المناطق التي لم يتم وصفها بأنها عرضة للفيضانات يمكن أن يتم غمرها بالمياه عند هطول أمطار غزيرة للغاية.

[حادث النظام الإلكتروني للحوادث الطبيعية التكنولوجية رقم 36]

الحادث 4
غرق مصنع تكرير نتيجة هطول أمطار غزيرة

تعرض سد للغرق عقب هطول أمطار غزيرة متواصلة استمرت لعدة أيام وغمرت المياه منشآت مصنع تكرير تقع في قلب منطقة الميناء بالمدينة. وقد توقف إنتاج الموقع نظرًا لمستوى المياه الذي ارتفع ليصل الى متر واحد في أحد مواقع المنشأة. واشتعلت نيران كثيفة، كما حدثت عدة انفجارات في الصهاريج والمعدات الكهربية (المحولات) والأنابيب. بعد ذلك بأربع ساعات، تواصل اشتعال النيران في موقعين في قطاعي البنزين والبترول الخام بمصنع التكرير. تم إطفاء النيران بعد 20 ساعة. لقي شخصان حتفهما وأصيب أربعة آخرون. وأدت الأضرار المادية الجسيمة الناجمة عن الحادث إلى إغلاق مصنع التكرير وتعليق جميع الأنشطة.

وقد تسببت الفيضانات في سلسلة من الحرائق أدت بدورها إلى رفع النفايات النفطية، وإخراجها من نظام الصرف. كانت النفايات النفطية تطفو على سطح مياه الفيضان ثم لامست أجزاء ساخنة من التركيبات، مما تسبب في العديد من بقع النار وكذلك الانفجارات في خطوط الأنابيب والمحولات الكهربائية.

- يوضح هذا الحادث أن مشغلي المنشآت الخطرة يجب أن يدرسوا تنفيذ إجراءات فعالة لمنع الانتشار السريع للسوائل القابلة للاشتعال بفعل مياه الفيضانات.
- هذا إلى جانب إجراء خطوات صيانة جيدة لضمان نظافة بالوعات الصرف حتى لا تعيق تصريف المياه.

[حادث النظام الإلكتروني للحوادث الطبيعية التكنولوجية رقم 41؛ ARIA رقم 23637]

الحوادث المشابهة: حادثا النظام الإلكتروني للحوادث الطبيعية التكنولوجية رقما 52 و13

درجة الحرارة الشديدة

درجات الحرارة العالية

توفر درجات الحرارة العالية ظروفًا محيطة تحفز اشتعال المواد المخزنة في الخارج. ويمكن أن تؤدي إلى زيادة الضغط في منشآت التخزين، بما في ذلك عربات السكك الحديدية، والتي يمكن فيها تنشيط صمامات تخفيف الضغط لمنع المعدات أو الحاوية من الانفجار.

الحادث 5
انفجار أسطوانات بروبيلين

تسلسل الأحداث

في 24 يونيو 2005، أندلعت النيران في الآلاف من أسطوانات غاز البروبيلين القابل للاشتعال في مستودع لتعبئة الغاز. واندفعت العشرات من الأسطوانات المنفجرة إلى المنطقة السكنية المحيطة وضربت المنازل والمباني والسيارات المجاورة، مما تسبب في وقوع تلفيات كبيرة واندلاع العديد من الحرائق الصغيرة. وكانت المنطقة تشهد موجة من الحرارة مع ضوء الشمس الساطع حيث وصلت درجات الحرارة إلى 36 درجة مئوية يوم وقوع الحادث.

الأسباب

ووقع الحادث بسبب ارتفاع درجة الحرارة الخارجية ونقطة الضبط المنخفضة لصمامات تخفيف الضغط في أسطوانات البروبيلين. وُجد أيضًا أن جهاز تخفيف الضغط عن طريق تنفيس الغاز قد تم تعيينه على نقطة أقل بكثير من نقطة التعيين الموصى بها، وهي مشكلة خصوصًا في ظروف درجات الحرارة المرتفعة. علاوةً على ذلك، عندما تتعرض أسطوانات البروبيلين لدرجات الحرارة المرتفعة وأشعة الشمس المباشرة، يمكنها أن تبدأ في التنفيس التلقائي من خلال أجهزة تخفيف الضغط. ويشتبه في أن هذا الوضع هو ما حدث ليتسبب في إنشاء تأثير متسلسل أدى إلى انتشار النار في جميع الأسطوانات. يسبب التنفيس التلقائي تسريبًا للبروبيلين والذي، عند اشتعاله، يقوم بتسخين الأسطوانات المحيطة ويسبب تنفيسها أيضًا.

نتائج مهمة

- وكشف التحقيق أن أشعة الشمس المباشرة والحرارة المنعكسة عن أسفلت الطرق تسببتا في تسخين أسطوانات البروبيلين المرتجعة، وتحتوي هذه الأسطوانات على كميات أقل من الغاز من الأسطوانات الكاملة، وتسخن بمعدل أسرع من الأسطوانات الكاملة. ومع ارتفاع درجات حرارة جدار الأسطوانة، زادت الضغوط الداخلية مما تسبب في فتح جهاز التنفيس بصمام الأسطوانة وبالتالي تنفيس البروبيلين.
- هذا وقد قسمت الشركة مخزن الأسطوانات إلى قسمي "أسطوانات ممتلئة" و"أسطوانات فارغة" أو "مرتجعات". يختص قسم "المرتجعات"، الموقع الذي اشتعلت منه النار، بالأسطوانات التي تمت إعادتها لإعادة تعبئتها، والتي قد لا تكون دائمًا فارغة عند إعادتها.
- توجد "نقطة ضبط" للحاويات، مثل أسطوانات البروبيلين، ويطلق عليها أيضًا اسم الضغط المستهدف للمحتويات داخل الأسطوانة. وقد تبين في هذه الحالة أن نقاط ضبط تخفيف الضغط كانت منخفضة للغاية للبروبيلين، وسمحت بتسرب الغاز خلال الطقس الحار، وهي أقل بكثير من الضغط الذي يمكن أن يتلف الأسطوانات. لأسباب أخرى مختلفة (قد تتعلق بالتصميم)، بدأ بعض الصمامات بالفعل في إطلاق الغاز حتى قبل وصول الضغط لنقطة الضبط.

- علاوةً على هذا، وقعت ثلاثة أحداث مماثلة في منشأة تابعة للشركة الأم نفسها قبل شهر واحد، وينبغي أن تكون الشركة قد تعاملت بالفعل مع جميع هذه الحالات الخطرة.

الدروس المستفادة

- يزيد ارتفاع درجات الحرارة المحيطة، من خطر الحرائق المدمرة في منشآت التعامل مع أسطوانات البروبيلين. يمكن أن يؤدي تطبيق أفضل ممارسات التخزين والتعامل مع أسطوانات البروبيلين إلى الحد من هذا الخطر في منشآت توزيع الغاز.
- وستؤدي مراجعة الممارسات الحالية إلى توفير هامش أكبر بين الحد الأدنى لضغط فتح التنفيس وضغط بخار البروبيلين مما يؤدي إلى الحد من خطر التنفيس المسبق، حتى عند عدم اتباع أفضل الممارسات.
- يجب تثبيت أنظمة غمر أو فوهات ثابتة لإطفاء الحريق للتخفيف من حدة العواقب بهدف تبريد الأسطوانات في حالة نشوب حريق.
- ينبغي حماية أسطوانات الغاز القابلة للاشتعال من الظروف الجوية، على سبيل المثال، حيث يمكن تخزينها تحت بنية "بنصف سقف" لتجنب التعرض المباشر لأشعة الشمس.
- يجب إعادة النظر في صمامات تخفيف الضغط بانتظام ويجب تحديث معايير السلامة بسبب الحوادث العديدة الماضية.

مزيد من المعلومات:

http://www.csb.gov/praxair-flammable-gas-cylinder-fire

حوادث مشابهة سجلها مجلس السلامة الكيميائية CSB: أير ليكويد، فونيكس، أريزونا - يونيو 1997؛ أيرجاس، تولسا، أوكلاهوما - أغسطس 2003؛ وبراكسير، فريسنو، كاليفورنيا - يوليو 2005

الحادث 6
انفجار حاوية واحتراقها

في 11 يوليو 2011، حدث انفجار لعبوات من المتفجرات في قاعدة بحرية، مما أسفر عن مقتل 13 شخصًا وإصابة أكثر من 60 شخصًا. وقع الانفجار بعد بدء اشتعال النار بساعة ونصف في وقت سابق. وتسبب الانفجار اللاحق في مقتل أربعة من أفراد القوات البحرية وستة من رجال الإطفاء المدنيين الذين كانوا يتعاملون مع الحريق الصغير الذي أدى إلى الانفجار. وقد تسبب ذلك في أضرار واسعة النطاق في منطقة واسعة محيطة بالانفجار. وتضررت محطة توليد الكهرباء المجاورة بشدة وانخفضت القدرة على إنتاج الكهرباء في البلاد إلى ما يقرب من 60٪ من متطلبات الطاقة في فترة الذروة بالصيف. ويبدو أن ما حدث هو انفجار 98 حاوية من حاويات المواد المتفجرة التي تم تخزينها لمدة عامين ونصف في الشمس في قاعدة بحرية. في نهاية المطاف، أدت موجة الحرارة إلى اشتعال النار في الحشائش والتي وصلت إلى القاعدة البحرية حيث كان يتم تخزين الحاويات في منطقة في الهواء الطلق. ومن الممكن أن يكون حريق الحشائش قد تسبب في تطاير الشرر نحو حاويات من البارود تمت مصادرتها وجرى تخزينها في المنشأة.

- قد يكون الارتفاع في درجة الحرارة عاملاً مساهمًا في هذا الحادث. فشل المشغل في إدراك المخاطر المحتملة. بالإضافة إلى ذلك، تُركت المتفجرات دون مراقبة في القاعدة البحرية لمدة عامين دون فرض أي رقابة دورية. علاوة على ذلك، يبدو أن رجال الاطفاء بدأوا التدخل دون معرفة دقيقة بمخاطر المواد المتفجرة المخزنة في الحاويات.

[حادث النظام الإلكتروني للحوادث الطبيعية التكنولوجية رقم ARIA 30؛ رقم 40877]

درجة الحرارة الشديدة

درجات الحرارة المنخفضة

درجات الحرارة المنخفضة للغاية أو فترات التعرض الطويلة للبرد القارس يمكن أيضًا أن ترفع مخاطر الحوادث. قد تتسبب انخفاضات درجة الحرارة الشديدة في تجميد وانفجار الأنابيب، وعلى وجه الخصوص عندما لا تولد أجهزة التدفئة حرارة كافية لتعويض انخفاض درجات الحرارة. نتيجة لذلك، قد ينكمش المنتج في الأنابيب ويتسبب في انفجار الأنابيب عند حدوث ذوبان نتيجة الارتفاع في الضغط. في حالة تكون الجليد، يمكن أن يتسبب وزن الجليد أيضًا في حدوث تلف هيكلي للمعدات وكسر الأنابيب.

الحادث 7
مصنع مواد كيميائية عامة

تسلسل الأحداث

تم اكتشاف تسرب الهكسان الحلقي في موقع كيميائي بسبب انخفاض الضغط على خط الإمداد لمنشأة إنتاجية. وكان يجري نقل المادة عند 20 درجة مئوية وتحت ضغط 2 إلى 3 بار من خلال أنابيب علوية محتفظة بالحرارة أو أنابيب تحت الأرض. حدث التسرب نتيجة تمزق أنبوب 50 DN ملم وذلك بسبب تمدد الهكسان الحلقي السائل في الجزء العلوي من الأنابيب بين سدين من سدود الهكسان الحلقي المتبلور. استغرق الأمر 30 ساعة لتحديد موضع التسرب، ولم يتم اكتشافه إلا باتباع رائحة الهكسان الحلقي. نتيجة لذلك، تسرب 1200 طن من الهكسان الحلقي مما تسبب في أضرار بيئية واقتصادية للشركة.

الأسباب

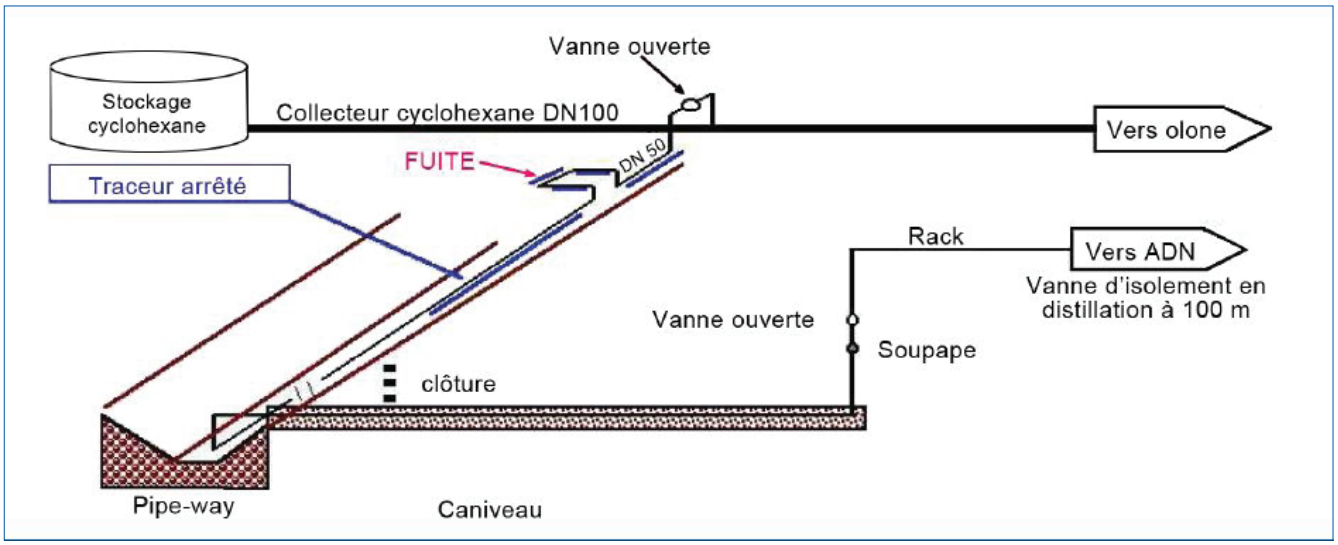
تنوعت درجة الحرارة بشكل كبير خلال عطلة نهاية الأسبوع في منتصف ديسمبر. مع عدم وجود تحكم وظيفي في درجة الحرارة، تسببت درجات الحرارة المتفاوتة في الأنابيب في تمدد وانكماش الهكسان الحلقي. وأدى حدوث عطل في جهاز تدفئة الأنابيب (درجة الحرارة أقل من 6.5 درجة مئوية) إلى تكوين انسداد في قناة الأنابيب. في النهاية، تشقق أنبوب فرعي 50 DN ملم عند حلقة التمدد، مما تسبب في تكوين ثقب في حجم كف يد واحدة. كانت حلقة التمدد هي الجزء الأكثر تعرضًا للتغيرات في درجات الحرارة بسبب شكلها وموضعها في أعلى الأنابيب، (الخندق الذي يحمل الأنابيب) (انظر الشكل 3).

نتائج مهمة

- في أوائل ديسمبر من عام 2002، تسببت درجات الحرارة المؤدية للتجمد في تصلب الهكسان الحلقي في الأنابيب المتشعبة. وتسبب التباين الكبير في درجات الحرارة في تمدد/انكماش الهكسان الحلقي الذي ساهم في تشقق الأنبوب.
- وكانت الأنابيب المتشعبة DN50 مفتوحة بشكل دائم حتى في حالة عدم استخدامها وتم إغلاق صمام مرور وحدة إنتاج مادة أديبونيتريل (ADN) فقط.
- تم اكتشاف موضع تسرب الهكسان الحلقي من خلال رائحته، مما يشير إلى عدم اتباع تقنيات لمتابعة الأنابيب.

(تابع في الجزء الخلفي من الصفحة...)

(تابع من الحادث 7)
مصنع مواد كيميائية عامة



الشكل 3: العملية المتأثرة (المصدر: ARIA رقم 23839)

الدروس المستفادة

- يجب أن يعي المشغلون الخصائص الفيزيائية للمواد الخطرة في الموقع مثل ميلها إلى التحول إلى الحالة الصلبة في درجات البرودة القارسة. ينبغي إدراج هذه العوامل في HAZOP أو غيرها من دراسات تحديد المخاطر للعمليات الكيميائية المتأثرة (انظر أيضًا حادث حزمة كيمي في http://www.onderzoeksraad.nl/uploads/items-docs/1805/Rapport_Chemie-Pack_EN_def.pdf). وعندما يكون من الممكن أيضًا توقُّع اختلافات كبيرة في درجات الحرارة الخارجية، يمكن أن يتعرف المشغلون على المخاطر المحتملة التي قد تحدث.
- تم الكشف عن الهكسان الحلقي المتسرب من خلال رائحته. لا يُوصى بالاعتماد على الرائحة وحدها للكشف في المواقع التي يتم تخزين كميات كبيرة من المواد الخطرة بها. يُعد الاكتشاف المناسب في حالة تسرب مواد خطرة أمرًا حاسمًا لتمكين الموظفين من العمل فورًا في حالة الطوارئ.

[حادث النظام الأوروبي للإبلاغ عن الحوادث الكبرى رقم 414؛ حادث النظام الإلكتروني للحوادث الطبيعية التكنولوجية رقم 25 و ARIA رقم 23839]

الحادث 8
اصطدام عربة قطار تحمل بوتادين

توقف خزان عربة قطار تحمل بوتادين (لكن لم يتم تفريغه من الغاز) مؤقتًا في محطة تقسيم. وتعرض الخزان إلى تأثير درجة الحرارة الباردة المحيطة (17- درجة مئوية)، والمرحلة الغازية من البوتادين المسال (درجة حرارة نقطة الغليان عند 4.4- درجة مئوية) وتعرض الخزان إلى انخفاض نسبي في الضغط قبل الانهيار. يذكر أنه لم يتم الالتزام بالإجراء المتبع بحقن النيتروجين في سيارات الخزانات التي لم يتم تفريغها من الغاز وهو إجراء يتم تنفيذه عادةً لتجنب عدم تكييف ضغط الخزان خلال فترات الطقس البارد.

- على الرغم من أن التعامل مع محطات التقسيم يختلف عن المنشآت الصناعية في معظم البلدان، فإنه لا يزال من الضروري اتخاذ الاحتياطات اللازمة خلال فترات البرد الشديد ويجب أن تتناول إجراءات أو لوائح النقل الظواهر الجوية القارصة.

[ARIA رقم 39508]

الحادث 9
حريق LNG

داخل مصنع لإنتاج ثاني أكسيد الكربون CO2 السائل، انفجر أحد أعمدة التخزين العمودية الأربعة التي كان يتم ملؤها محدثًا ظاهرة انفجار البخار نتيجة توسع السائل المغلي (BLEVE). نتيجة للتأثير المتسلسل، انفجر عمود تخزين ثاني وانفجر عمود ثالث في المختبر على بُعد 30 مترًا، مما أسفر عن مقتل خمسة موظفين على الفور. وتسببت المقذوفات الناتجة عن ظاهرة BLEVE في أربع حالات وفاة أخرى؛ وإصابة 15 شخصًا.

وكان السبب المحتمل لهذا الانفجار هو حالة الامتلاء الزائد نتيجة لتجمد كاشف المستوى (ولم يتم استخلاص تجميد المياه بالكامل من ثاني أكسيد الكربون CO2). علاوةً على ذلك، لم يتم تكييف المواد المكونة للصهريجين المنفجرين مع حالات درجات الحرارة المنخفضة.

- من الحتمي عند استخدام المعدات التي تعتبر حساسة لدرجة الحرارة المنخفضة، مثل الأجهزة الميكانيكية المختلفة، أو أجهزة الاستشعار أو معدات التدخل في حالات الطوارئ، أن تتم مراقبة هذه المعدات بانتظام.

لمزيد من المعلومات، انظر:
http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/uploads/2013/08/flash_intense_cold_nov2012.pdf
ومجلس السلامة الكيميائية في الولايات المتحدة CSB - حريق البروبان في مصنع تكرير فاليرو في صنراي، تكساس
http://www.csb.gov/valero-refinery-propane-fire/

مخاطر طبيعية تكنولوجية أخرى

الزلازل

تسبب الزلازل أضرارًا للمنشآت الصناعية من خلال تأثير الاهتزاز المباشر أو تشوهات الأرض الناجمة عن تسييل التربة والتي يمكن أن تؤثر على المنشآت المبنية في مناطق معرضة للمخاطر. تلف الزلزال الهيكلي الذي لا يؤدي إلى تسرب المواد الخطرة لا يمثل مصدر قلق فوري من ناحية السلامة، على الرغم من أن الخسائر الاقتصادية المرتبطة به يمكن أن تكون كبيرة. وتشتمل أوضاع الضرر السائدة في هذه الفئة على كتل المواد الذائبة أو التواء الصهاريج، ومد أو تقليص البراغي، وتشوه وتلف الأعمدة وهياكل الدعم. ويمكن أن ترجع التسريبات التي تتراوح بين تسريبات طفيفة إلى شديدة أثناء الزلازل إلى حدوث فشل في وصلات الأنابيب وحوافها، فضلًا عن هياكل الخزانات وأسطحها التالفة، في حين يؤدي انقلاب خزان أو انهياره حتمًا إلى حدوث تسريبات كبيرة.

خلال الزلزال الشديد الذي ضرب منشأة كبيرة للمواد الكيميائية، تسرب الأكريلونيتريل إلى الجو من سطح خزان به تلف، وانتقل إلى خزانات أخرى بخلاف الصهريجين الآخرين الذين تعرضًا لكسر بالأنابيب في قاعدة الخزان. وفاضت كمية كبيرة من الأكريلونيتريل وغمرت سدود الاحتواء وفقدت في المحيط من خلال قناة الصرف في صورة صرف سطحي. مع تصدع سدود الاحتواء الخرسانية بفعل الزلزال، تسربت كمية كبيرة من المادة إلى التربة ووصلت إلى طبقة المياه الجوفية الساحلية تحت الموقع.

- في المناطق المعرضة للأخطار الطبيعية يجب الاستعانة بخطة طوارئ للمنشآت تراعي مخاطر التأثيرات الطبيعية الخطرة. ويشمل ذلك إعداد خطط الطوارئ القائمة بذاتها التي لا تعتمد على توفر مرافق وموارد استجابة خارج الموقع.

[حادث النظام الإلكتروني للحوادث الطبيعية التكنولوجية رقم 2]
الحوادث المشابهة: النظام الإلكتروني للحوادث الطبيعية التكنولوجية رقم 44 رقم 49 رقم 50 ورقم 51

الشكل 4: خزان غاز البترول المسال في مصنع تكرير تشيبا بعد أن تسبب الزلزال في اندلاع الحرائق والانفجارات (ZENRIN، 2012 جوجل)

أمواج التسونامي

أمواج تسونامي هي كتل كبيرة من المياه تتحرك بفعل الزلازل أو الانهيارات الأرضية. ويمكن أن تتسبب القوى الهيدروديناميكية المرتبطة والقوى الهيدروستاتيكية للمياه، وكذلك تأثير الحطام، في طفو الخزانات والأنابيب العائمة وإزاحتها، والانقلاب، والدمار، وكسر وصلات الأنابيب وتمزيق مخارج الصمامات. يمكن أن يزيح تأثير التسونامي أيضًا قواعد الخزانات ويدمر الأنظمة الكهربائية بسبب تسرب المياه. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لمياه التسونامي سكب المواد القابلة للاشتعال على نطاق واسع، ومع زيادة احتمال حدوث اشتعال في ظل هذه الظروف، يمكن نشوب حرائق على نطاق واسع.

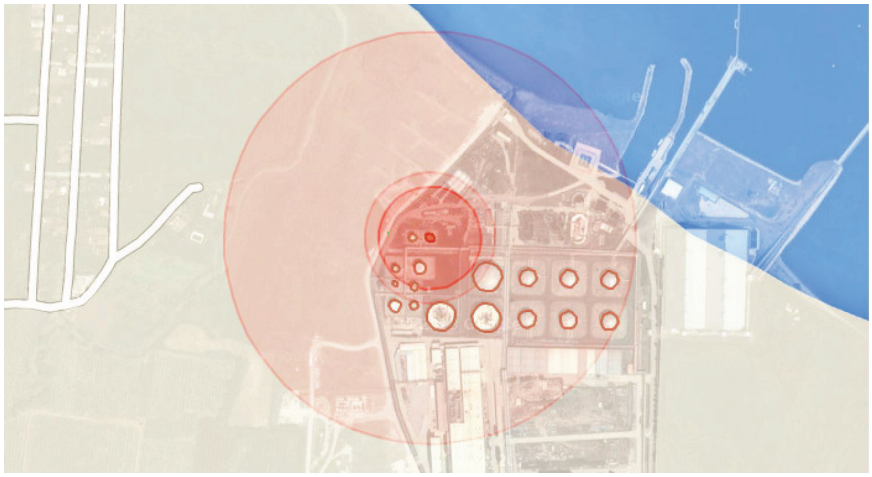
تسببت أمواج تسونامي العاتية في إحداث كسور متعددة بالأنابيب والعديد من حالات الانسكاب البسيطة للمواد الهيدروكربونية من وصلات الأنابيب عندما ضربت مصنع تكرير يقع على الساحل. اشتعلت المواد المتسربة، مما تسبب في حريق كبير ضم ثلاث خزانات مليئة بالكبريت والأسفلت والبنزين، والذي دمر جزءًا كبيرًا من مصنع التكرير.

- عندما يصعب تنفيذ قيود تخطيط الاستخدام الأرضي للمنشآت القائمة، يجب تطبيق إجراءات الوقاية والاستعداد التكميلية اللازمة لحماية المنشآت الخطرة من تأثير تسونامي.

[حادث النظام الإلكتروني للحوادث الطبيعية التكنولوجية رقم 21]

الشكل 5: الصهاريج المحترقة في مصنع تكرير سينداي الذي ضربه إعصار تسونامي (الصورة من: C. Scawthorn)

أداة RAPID-N



الشكل 6: مخرج RAPID-N لإطلاق المواد القابلة للاشتعال من خزان نتيجة الزلزال.

هناك نظام جديد على شبكة الإنترنت، وضعه مركز البحوث المشتركة، يقيم ويخطط التأثير المحتمل للأخطار الطبيعية على المنشآت الكيميائية. يسمى النظام RAPID-N، وهو يوفر إطار عمل لتقدير خطر تسريبات المواد الخطرة في أعقاب الكوارث الطبيعية (وهو ما يسمى بخطر طبيعي تكنولوجي). وهو يحدد المناطق المعرضة لمخاطر طبيعية تكنولوجية ويقيم المخاطر المرتبطة بها، لدعم تخطيط استخدام الأراضي والتخطيط للاستجابة في حالات الطوارئ، وتقدير الأضرار والإنذار المبكر.

وقد أبرزت دراسة حديثة ثغرات كبيرة في تطوير منهجيات تحليل وتخطيط المخاطر الطبيعية التكنولوجية في الاتحاد الأوروبي ودول منظمة التعاون والتنمية. وكان قد تقرر تطوير نظام RAPID-N استجابة للدعوات من قبل الحكومات لإعداد أداة لدعم اتخاذ القرار في إدارة المخاطر الطبيعية التكنولوجية. وهو يوفر إطارًا متكاملاً قائمًا على شبكة الإنترنت، لتحليل المخاطر الطبيعية التكنولوجية والتخطيط لها. وبحساب معلمات المخاطر الطبيعية في الموقع وباستخدام منحنيات الهشاشة لتحديد احتمالات الضرر على مستوى وحدات التخزين والمعالجة، يقدر نظام RAPID-N الخطر الإجمالي من الأضرار والعواقب المرتبطة بها. يتم تقديم النتائج في شكل تقارير موجزة حول المخاطر وخرائط المخاطر التفاعلية.

ويمكن تطبيق نظام RAPID-N في مراحل مختلفة من عملية إدارة المخاطر الطبيعية التكنولوجية. بهدف الوقاية والاستعداد، يقوم النظام بتقييم العواقب المحتملة لسيناريوهات المخاطر الطبيعية التكنولوجية المختلفة لوضع خرائط للمخاطر الطبيعية التكنولوجية وذلك لاستخدامها في التخطيط التطبيقي على الأرض والتخطيط لحالات الطوارئ. في مرحلة الاستجابة، يمكن استخدام النظام لتحديد المنشآت بسرعة التي قد تحدث بها حوادث طبيعية تكنولوجية بناءً على أحدث معلومات المخاطر الطبيعية، بحيث يمكن لأول المستجيبين وللسكان في المنطقة المجاورة للمنشآت تلقي تحذير في الوقت المناسب.

ينطبق إطار عمل RAPID-N من حيث المبدأ على أي نوع من المخاطر الطبيعية. ويجري تطبيقه حاليًا على تأثيرات الزلازل على المنشآت الصناعية. ويجري العمل لتوسيع النظام لتحليل الفيضانات وتوصيلات خطوط الأنابيب أيضًا.

http://rapidn.jrc.ec.europa.eu

بيانات الاتصال:
elisabeth.krausmann@jrc.ec.europa.eu

الرجاء ملاحظة ما يلي: تتضمن أيضًا الحالات المحددة عددًا من الدروس المستفادة، لم يتم توضيحها جميعًا. تسلط النشرة الضوء على ما تعتبره أكثر أهمية لهذا الموضوع، مع قيود عدم توفر التفاصيل الكاملة للحادث غالبًا واستناد الدروس المستفادة إلى ما يمكن استنتاجه من الوصف المزود. يشكر المؤلفون مندوبي البلدان الذين أمدونا بالنصائح لتحسين شرح الحالات المختارة.

شعار الفصل الدراسي

جيم ويلز:
أحيانًا تكشف الكارثة الطبيعية الستار عن كارثة اجتماعية

نشرة MAHBULLETIN

الاتصال

لمزيد من المعلومات حول ما تضمنته هذه النشرة من دروس مستفادة من الحوادث الصناعية الكبرى، الرجاء إرسال بريد إلكتروني إلى

zsuzsanna.gyenes@jrc.ec.europa.eu

أو emars@jrc.ec.europa.eu
وحدة تقييم تكنولوجيا السلامة
المفوضية الأوروبية
مركز الأبحاث المشتركة
معهد حماية
وسلامة المواطن
Via E. Fermi, 2749
إيطاليا (VA) Ispra 21027

https://minerva.jrc.ec.europa.eu

إذا كانت مؤسستك لا تتلقى بالفعل نشرة MAHBulletin، فالرجاء مراسلة البريد الإلكتروني emars@jrc.ec.europa.eu. الرجاء تضمين اسم وعنوان البريد الإلكتروني لجهة الاتصال في مؤسستك فيما يخص هذه النشرة.

يمكن الاطلاع على جميع منشورات MAHB في بوابة Minerva

European Commission