



RECIPE

REINFORCING CIVIL PROTECTION
CAPABILITIES INTO MULTI-HAZARD
RISK ASSESSMENT UNDER
CLIMATE CHANGE

Anàlisi i planificació del risc d'allaus i incendis forestals en àrees de muntanya

DELIVERABLE N° 4.7

Novembre 2021



Funded by
European Union
Humanitarian Aid
and Civil Protection

Aquest document forma part del projecte RECIPE (Reinforcing Civil Protection capabilities into multi-hazard risk assessment under climate change), i queda definit en la Tasca 4.3 Support tools for civil protection, que juntament amb altres eines, serà un dels principals resultats del projecte a Catalunya.

El projecte cerca desenvolupar recomanacions i eines operatives per reforçar la protecció civil en la gestió de l'emergència i la planificació del risc de diferents fenòmens naturals a Europa, abordant alhora els impactes del canvi climàtic a través d'una aproximació integrada de gestió del risc i l'intercanvi de coneixement i lliçons apreses. Tot això, mitjançant la combinació de l'expertesa multi-risc, des de la ciència i la pràctica, en incendis forestals, inundacions, tempestes, allaus, caigudes de rocs i esllavissades.

RECIPE és un projecte de Prevenció de 2 anys de durada (Gener 2020-Novembre 2021) finançat pel Mecanisme de Protecció Civil i Operacions Humanitàries (DG-ECHO) Comissió Europea (identificador UCPM-2019-PP-AG) amb la participació de 8 institucions de 5 països de la Unió Europea.

Tota la informació i resultats del RECIPE, estan disponible en el [web](#) del projecte.

Nom del projecte: Reinforcing Civil Protection capabilities into multi-hazard risk assessment under climate change (RECIPE)

Finançat per: DG ECHO 2019 Convocatòria de projectes en prevenció i preparació en Protecció Civil i contaminació marina

Web: <http://recipe.ctfc.cat/> **Twitter:** @NATHaz_recipe

Socis del projecte: Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya - CTFC (Coord.), Fundació Pau Costa - PCF, Direcció General de Protecció Civil de la Generalitat de Catalunya - DGPC CAT, Institut de Recerca Forestal Baden-Württemberg - FVA, Fundació de recerca CIMA - CIMA, Centre Austríac de Recerca per als Riscos Naturals Forestals i el Paisatge - BFW, Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya - ICGC, Institut Superior d'Agronomia-Universitat de Lisboa - ISA

Durada: 2020-2021

Contacte: recipe@ctfc.cat

Com citar aquesta publicació: Plana, E., Serra, M., Sabella, C., Pagès, D., Gasulla, N., Canaleta, G., Bertran, M., Garcia, C., Martí, G. 2021. Anàlisi planificació del risc d'allaus i incendis forestals en àrees de muntanya. Deliverable 4.7. RECIPE Project (Reinforcing Civil Protection capabilities into multi-hazard risk assessment under climate change) 874402 - UCPM-2019-PP-AG.

CONTINGUTS

1. INTRODUCCIÓ	4
SECCIÓ I. PROTOCOL D'ACTUACIÓ PER A LA GESTIÓ DEL RISC D'INCENDIS I ALLAUS EN ZONES DE MUNTANYA	7
1.1 OBJECTIUS I METODOLOGIA	7
1.2 PROTOCOL D'AVUACIÓ I PLANIFICACIÓ MULTI-RISC	7
SECCIÓ II. ANÀLISI DE LA SUSCEPTIBILITAT DE LA FUNCIÓ PROTECTORA DEL BOSC EN CAS D'INCENDI FORESTAL, I LA SEVA AFECTACIÓ AL RISC D'ALLAUS	13
2.1 OBJECTIUS I METODOLOGIA	13
2.2 ANÀLISI DELS RESULTATS	16
SECCIÓ III. PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES DE GESTIÓ DEL COMBUSTIBLE FORESTAL ADAPTADES AL RISC D'INCENDI FORESTAL I EL RISC D'ALLAU	17
CONSIDERACIONS FINALS	21

1. Introducció

Tradicionalment, les zones de muntanya a Catalunya s'han vist afectades per diversos fenòmens naturals com ara les allaus, les inundacions o les esllavissades. D'acord amb diversos estudis¹, el canvi climàtic comportarà l'increment d'episodis meteorològics extrems, així com una variació en la freqüència, intensitat i distribució dels fenòmens naturals.

Així doncs, perturbacions que fins ara s'havien manifestat en un tipus de medi més o menys concret, podran desenvolupar-se en nous territoris degut als canvis ambientals (ex., increment de les temperatures, alteració de les precipitacions estacionals, o major probabilitat de sequera) i els canvis en els usos del sòl (ex. abandonament de cultius o terrenys pasturats i consegüent creixement de la superfície forestal). Sota aquest escenari, es preveu que el risc d'incendi augmenti la seva distribució territorial, estenent-se també en àrees de muntanya (Resco de Dios et al., 2021, Müller et al., 2020²).



Foc i incendis als Pirineus; de la presència de les cremes de pastures (regulades i descontrolades). Foto esquerra: Bossot, Val d'Aran, abril 2015) a l'aparició dels primers incendis en alta intensitat fora de la capacitat d'extinció. Foto dreta: bosc de Meranges, Cerdanya, agost 2012 (Fotos: E.Plana).

Aquesta situació pot generar un efecte cascada on els incendis poden afectar la cobertura forestal, comproment-ne la seva funció protectora front altres riscos naturals, i esdevenint noves situacions de multi-risc.

¹ European Environmental Agency (2017). Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe. Enhancing coherence of the knowledge base, policies and practices. EEA Report No 15/2017. ISBN: 978-92-9213-893-6 <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-adaptation-and-disaster>

IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press

² Müller M.M., Vilà-Vilardell L., Vacik H. (2020). Forest fires in the Alps – State of knowledge, future challenges and options for an integrated fire management. EUSALP Action Group 8.

Resco de Dios, V., Hedob, J., Cunill Camprubí, A., Thapad, P., Martínez del Castillo, E., Martínez de Aragón, J., Bonet, J.A., Balaguer-Romano, R., Díaz-Sierra, R., Yebragh, M., M.Boer, M. (2021). Climate change induced declines in fuel moisture may turn currently fire-free Pyrenean mountain forests into fire-prone ecosystems. Science of The Total Environment: 797. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149104>

Aquest document aborda la interacció entre el risc d'incendi forestal i d'allaus en zones de muntanya degut al context de canvi global (canvi climàtic i d'usos del sòl). I intenta fer una primera aproximació des de la perspectiva de l'avaluació i gestió del risc a diferents escales.

Per una banda, a **nivell regional**, la secció I estableix un protocol d'actuació basat en un exercici "Table-top" on es suposa un incendi forestal tardà seguit d'una nevada primerenca (Octubre-Novembre), i planteja com caldria actuar des de la perspectiva de la gestió de l'emergència en aquesta situació.

En segon lloc, a **nivell de massís forestal**, la secció II analitza la susceptibilitat de pèrdua de funció protectora del bosc en cas d'incendi forestal i la corresponent afectació al risc d'allaus. Aquest estudi s'ha elaborat per a la zona de la Vall de Núria, on es disposa d'una comprensió sòlida del risc d'incendi i un ampli coneixement respecte el risc d'allaus.

Finalment, a **nivell de rodal de bosc**, la secció III proposa unes prescripcions tècniques de gestió forestal que permetin compatibilitzar la reducció del risc d'incendis forestals i d'allaus.



Bosc de picea (Picea spp., similar a l'abet dels Pirineus) afectat per un incendi al municipi de Trin, Suïssa. Davant la mortalitat dels arbres afectats (s'observava com s'assecaven les capçades fins a morir), es va decidir tallar els arbres i instal·lar barreres protectores front les allaus. En un context de canvi climàtic, la recomanació més plausible en aquest vessant sud podria ser substituir aquesta espècie molt sensible al foc, per altres arbres amb una escorça resistent a la calor de les flames, en aquest cas el pi roig (Pinus sylvestris), també present al lloc. Tanmateix, el costum local és el de promoure la picea, ja que és la fusta que la indústria local demanda. Tot pensant segurament, que aquest incendi aquí fou un accident que no tornarà a succeir... (Foto: E.Plana)



Els boscos de muntanya tenen un paper clau en la protecció front les allaus o les esllavissades. Els efectes dels incendis poden tenir, per tant, efectes en cascada sobre l'increment del risc d'allaus o dels moviments de terra, posant en perill assentaments i infraestructures. Altres interaccions com els episodis de ventades tombant milers d'arbres genera una gran quantitat de combustible mort que pot cremar en facilitar i esdevenir un incendi que afecta als boscos veïns. El canvi climàtic també està generant noves perturbacions que fa que certes mesures preventives quedin superades, generant alhora una nova exposició i vulnerabilitat a les persones, bens i serveis ambientals del territori. Episodi de tempesta de vent a les muntanyes del Tirol, la tardor de 2018.

Secció I. Protocol d'actuació per a la gestió del risc d'incendis i allaus en zones de muntanya

1.1 Objectius i metodologia

Aquesta secció identifica els principals passos de la gestió del risc que caldria desenvolupar en cas de possible interacció d'un episodi d'incendi succeït d'un episodi de risc d'allaus degut a una nevada abundant sobre la zona cremada, establint-ne així un protocol d'actuació.

Aquest protocol s'ha generat en base a un exercici "Table-top"³ on s'ha definit una situació de risc concreta. Aquesta situació es basa en suposar l'aparició d'un gran incendi forestal (GIF) a finals d'estiu, afectant diverses valls (gran superfície) dels Pirineus, i afegint la previsió d'una forta nevada al començament de la temporada d'hivern (octubre-novembre) en el territori afectat pel GIF (amb possible pèrdua de la cobertura forestal, i per tant, de la seva funció protectora).

Durant la discussió, s'han tingut en compte els elements i factors de perill, exposició i vulnerabilitat per ambdós riscos per tal de generar recomanacions operatives per al disseny d'accions de mitigació del risc en les fases de prevenció, preparació, resposta i recuperació, amb l'objectiu d'elaborar una anàlisi conjunta de la Gestió del Risc de Desastres (Disaster Risk Management, DRM, en el terme en anglès), per millorar la protecció dels ciutadans, les infraestructures i els serveis ecosistèmics.

1.2 Protocol d'avaluació i planificació multi-risc

1. Anàlisi del risc. Creació del grup de treball expert

- **Avaluació del temps disponible:**

Primer de tot, caldria avaluar de quant temps es disposa per a poder valorar la capacitat d'actuació.

Per al supòsit d'aquest exercici (incendi a finals d'estiu i previsió de forta nevada a inicis de tardor), es disposaria de poc temps disponible per tal de proporcionar una resposta general adequada de la gestió del risc d'allaus derivada de la pèrdua de cobertura forestal a causa de l'incendi. Per tant, seria idoni disposar, per avançat, d'un protocol d'acció. Contra més tard es donés l'incendi, més curt seria el temps disponible.

La funció protectora del bosc s'ha vist afectada per l'incendi i, per tant, es preveu un augment del risc d'allaus. Aquesta pèrdua de funció protectora està directament relacionada amb la intensitat de l'incendi i la seva afectació en la resta de la cobertura forestal (alguns arbres han sobreviscut i poden accelerar la seva recuperació, però en d'altres llocs el bosc s'ha cremat completament i la seva recuperació es preveu a mig-llarg termini).

- **Avaluació de l'àrea afectada respecte el mapa de perill:**

Amb la intenció d'analitzar els impactes sobre la funció protectora del bosc, l'àrea afecta hauria de ser cartografiada i caracteritzada de la següent manera:

³ Els exercicis "Table-top" es basen en la simulació teòrica d'una situació d'emergència, on els diferents membres participants discuteixen i defineixen els seus rols i actuacions.

- 1) Perímetre de l'àrea cremada: l'objectiu és conèixer el total de superfície afectada per l'incendi. Aquesta podria ser una diagnosi ràpida, identificat sobre el terreny i a través d'imatges satèl·lit, les àrees afectades per l'incendi. En els llocs més sensibles, la captura de la informació en alta resolució es podria aconseguir a través de visites de camp amb GPS. Es delimitarien també les zones (illes) no cremades dins del perímetre.
- 2) Analitzar l'estat de vegetació i el manteniment o pèrdua de la seva funció protectora: l'objectiu és conèixer en quin grau i com ha sigut afectada la funció protectora (ex., en aquelles àrees on l'incendi hagi cremat en alta intensitat, probablement la cobertura vegetal haurà desaparegut). Paral·lelament, també es podria disposar d'estimacions a través d'imatges satèl·lit (punt 1). En els llocs més sensibles, LIDAR o l'ús de drons podrien ajudar a precisar aquestes estimacions. La distribució d'espècies arbòries i arbustives d'acord amb la cartografia de la coberta forestal (Mapa de la Coberta del Sòl de Catalunya (MCSC), Mapa d'Hàbitats, etc.) també dona informació valuosa per a estimar el potencial de recuperació de la vegetació (ex., *Ulex* spp. Té la capacitat de rebrotar, al igual que *Betula* ssp. Aquest però, no és el cas de *Pinus* ssp, la recuperació del qual és a través de noves llavors, i per tant, és més costós en el temps). En qualsevol cas, normalment els efectes de restauració dels processos natural no seran significatius abans de l'episodi de neu (previst 2-3 mesos després de l'incendi).
- 3) Integrar en la cartografia les modificacions en el patró d'allaus i les zones de muntanya produïdes per l'incendi: unint aquesta informació seria possible observar les zones potencials d'allaus afectades per l'incendi. Això serviria per conèixer si (1) les zones potencials d'allaus ja conegudes han canviat i com; i (2) si el potencial de noves zones d'allaus apareix degut a la pèrdua de funció protectora del bosc.

- Avaluació de l'exposició i la vulnerabilitat

Donat el poc temps disponible, les actuacions de gestió del risc haurien de focalitzar-se en aquelles àrees més exposades i vulnerables. La protecció de la població, principals infraestructures, instal·lacions crítiques, edificis, etc., haurien de ser la prioritat.

L'anàlisi es duria a terme en base a la cartografia prèviament esmentada i afegint:

- 1) Cartografia d'infraestructures i assentaments (Mapa Urbanístic de Catalunya): l'objectiu és identificar i estimar els potencials nous elements exposats i vulnerables a la possible modificació del risc d'allaus.
- 2) Informació/diagnosi del pla ALLAUCAT (Pla Especial d'Emergències per Allaus a Catalunya) o dels Plans de Protecció Civil municipals: amb l'objectiu d'identificar els llocs sensibles ja determinats. Aquesta també serà informació de base per actualitzar el potencial de nous elements exposats i vulnerables.

- Proposta d'actuacions per a la reducció del risc

D'acord amb l'anàlisi prèvia, s'identificarien les mesures de mitigació necessàries. Això necessitaria d'una prioritització d'accions a emprendre, ja que, probablement, no hi haurà capacitat d'actuació en totes de les àrees afectades degut a (1) la superfície és massa gran i (2) hi ha moltes limitacions per al desenvolupament de treballs forestals en àrees de muntanya degut al terreny, la disponibilitat de pistes forestals, condicions meteorològiques o disponibilitat de maquinària i treballadors forestals especialitzats en aquestes condicions, entre d'altres.

Primer, seria necessari netejar/reparar/instal·lar les estructures de protecció d'allaus en aquelles àrees amb un grau molt elevat d'exposició i vulnerabilitat.

És molt important actualitzar els plans d'intervenció per al desencadenament d'allaus (PIDA) per tal de dur a terme les actuacions en els llocs indicats. Respecte les àrees cremades susceptibles de ser afectades per allaus, i que no tenen cap sistema de protecció d'allaus, caldria determinar quin mecanisme de

protecció o actuacions son més apropiades i efectives per a reduir el risc en cas de perill d'allaus (ex., daisybell, avalancheur, etc.).

També seria necessari incrementar la consciència de la població respecte el canvi en el perill d'allaus. Informar a la població respecte els canvis en el terreny i les àrees més perilloses degut a l'incendi (ex., dins els butlletins d'allaus amb especificacions d'acord l'àrea cremada).

- Avaluació del desencadenament simultani o a curt termini

Aquesta situació multi-risc no és simultània o en efecte cascada, sinó acumulativa en el temps⁴. Si es dona un incendi a finals d'estiu, hi haurà poc temps de capacitat de resposta.

La manca de bosc o cobertura forestal també podria desencadenar (mentre encara no arriba la nevada esperada) erosió del sòl, esllavissades o incrementar el risc de caigudes de rocs. Tot i així, aquesta situació no s'analitza en aquest exercici. Però cal tenir en consideració que aquelles àrees que antigament havien sigut cultivades, i que per tant, tot i que actualment hi hagi bosc, el terreny està format per terrasses (ex., en altituds baixes i mitjanes de les valls de muntanya), també disminuiria el risc.

2. Identificació de mesures preventives per eliminar o mitigar els efectes cadena. Creació d'un comitè executiu

Per cada una de les mesures, caldria identificar: tipus de mesura, viabilitat temporal, viabilitat econòmica, definició de prioritats, actors involucrats (experts en els diferents riscos – actor responsable de les actuacions de prevenció o reparació, gestors d'infraestructures potencialment afectades, autoritats locals), actuacions i calendari.

La següent llista de mesures està organitzada per ordre de prioritats. També s'ha vinculat la fase del Cicle de la Gestió del Risc i les components cross-sectorals considerades en el projecte RECIPE.

En general, totes les mesures definides són factibles tant a nivell temporal com econòmic o, alternativament, tenen restriccions específiques associades. Aquestes mesures s'han d'implementar abans que la nevada sigui prevista. La primera mesura s'ha de dur a terme per avançat, en resposta a la situació derivada de l'incendi.

Mesura 1. Desenvolupament d'un protocol d'actuació en cas d'incendi forestal en zones d'allaus

(Fase de Preparació / Avaluació del risc, cartografia i eines de planificació) L'objectiu és preparar per avançat un protocol de gestió multi-risc incendi-allaus, considerant els factors de risc definits pel canvi en els usos del sòl i el canvi climàtic del territori d'estudi.

A càrrec de: Cossos d'Emergència (Direcció General de Protecció Civil, Direcció General de Prevenció i Extinció d'incendis i Salvaments), Gestors forestals i del risc (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya; Direcció General d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi, Forestal Catalana S.A.; Centre de la Propietat Forestal; Direcció General d'Agents Rurals), Institucions de recerca (Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya, entre d'altres), Associacions de Propietaris Forestals (Associació de Propietaris Forestals de Catalunya – ELFOCAT), Autoritats locals (vinculat a ELFOCAT, ja que, a la majoria del Pirineu, els terrenys forestals son de propietat pública) i altres actors privats rellevants (estacions d'esquí).

Mesura 2. Avaluació del terreny d'allaus

⁴ <https://www.undrr.org/terminology/hazard>

(Fase de Prevenció / Avaluació del risc, cartografia i eines de planificació) Amb l'objectiu de (1) identificar sobre el terreny les àrees afectades per l'incendi, utilitzant imatges satèl·lit i avaluant el terreny (treball de camp) i (2) integrant en la cartografia les modificacions (produïdes per l'incendi) en el terreny d'allaus i les àrees de muntanya.

A càrrec de: Gestors del risc (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya; Direcció General d'Agents Rurals), Cossos d'Emergència (Direcció General de Protecció Civil), planificadors territorials i autoritats locals.

Mesura 3. Avaluació de l'estat (després de l'incendi) de la vegetació i la coberta forestal

(Fase de Recuperació / Mesures tècniques) Anàlisi de la funció protectora de la cobertura forestal parcialment cremada dins el perímetre de l'incendi.

A càrrec de: Gestors forestals i del risc (Direcció General d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi, Forestal Catalan S.A., Direcció General d'Agents Rurals), Institucions de recerca (Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya, entre d'altres), Associacions de propietaris forestals (ELFOCAT) i autoritats locals.

Mesura 4. Restauració de l'àrea cremada

(Fase de Recuperació / Mesura tècnica) Neteja de l'àrea cremada i recuperació de la funció protectora del bosc en aquelles àrees prioritàries per a la prevenció del risc d'allaus (d'acord amb els resultats de les mesures 2 i 3). Això inclou:

- 1) Neteja dels arbres cremats i repartiment de les branques pel sòl per evitar-ne l'erosió. Ús potencial de les branques cremades per a la construcció d'estructures de retenció de neu en el lloc (buit identificat que podria transferir-se des de les àrees Alpines amb més experiència en terrenys allavosos sota el límit altitudinal del bosc. En les zones de trajectòria d'allau, caldria treure les restes forestals).
- 2) A mig termini, analitzar la reforestació i els plans de monitoratge en les àrees prioritàries d'acord amb el risc d'allaus

A càrrec de: Gestors forestals i del risc (Direcció General d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi, Centre de la Propietat Forestal, Direcció General d'Agents Rurals, Forestal Catalan S.a.), Companyies i indústria forestal, propietaris forestals (ELFOCAT, privats individuals) i autoritats locals (molts ajuntaments dels pirineus disposen de calderes de biomassa on es podria destinar la fusta cremada).

Mesura 5. Revisió i restauració de les estructures protectores d'allaus

(Fase Prevenció / Mesures tècniques) Aquesta mesura inclou (1) la neteja/reparació dels elements protectors afectats per l'incendi (això serà un punt clau ja que els elements existents estan protegint els les àrees exposades i vulnerables identificades abans de l'incendi i; (2) en coordinació amb la mesura 4.1, instal·lació d'emergència de les estructures de protecció en noves àrees altament exposades i vulnerables, considerant el pocs temps disponible abans de la temporada d'hivern.

A càrrec de: Gestors de risc (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Direcció General d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi, Forestal Catalana S.A.), Actors privats (ex.: Inaccés, Geobrug, estacions d'esquí) i Autoritats locals.

Mesura 6. Actualització del Pla d'intervenció de desencadenament d'allaus (PIDA) d'acord amb la nova situació multi-risc

(Fase de Prevenció i Preparació / Avaluació del risc, cartografia i eines de planificació) Els elements exposats i vulnerables, al igual que els protocols de gestió del risc, han d'adaptar-se integrant la informació esmentada en les mesures 1-5.

A càrrec de: Gestors de risc (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya), Autoritats locals i Actors privats (estacions d'esquí).

3. Planificació de l'emergència

Per aquelles situacions que no han quedat resoltes a través dels mecanismes de prevenció, caldrà efectuar una avaluació del nou escenari de risc en el pla corresponent (ex.: inundacions després de l'incendi):

- Identificació dels indicadors agreujants de l'episodi (multi-risk)
- Definició d'actuacions específiques (control d'accessos, procediments operatius i d'informació, etc.)

Mesura 7. Tancament d'accés a potencials zones d'allaus on no ha sigut possible intervenir

(Fase de Prevenció / Mesures tècniques) Aquesta mesura hauria d'aplicar-se en casos específics, com aquells dies amb major risc d'allaus (similar a la mesura aplicada en cas d'alt risc d'incendi, efectuant el tancament de massissos forestals).

A càrrec de: Gestors forestals i del risc (Direcció General d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi, Direcció General d'Agents Rurals) i Cossos de resposta i emergència (policia local, etc.).

Mesura 8. Extensió del desencadenament preventiu d'allaus en les noves zones de risc

(Fase de prevenció / Mesura tècnica) Aquesta mesura hauria d'aplicar-se en casos específics, com aquells dies amb major risc d'allaus. Es necessari determinar quins mecanismes de protecció o actuacions seran les més apropiades i efectives per a reduir el risc en cas de perill d'allaus (ex.: daisybell, avalancheur, etc.).

A càrrec de: Gestors de risc (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Direcció General d'Agents Rurals), Cossos de resposta i emergència (Direcció General de Protecció Civil, policia local) i Actors privats (estacions d'esquí).

4. Implementació de nous procediments – informació operativa (a operatius)

- En general i a través dels circuits d'informació
- A través d'actuacions específiques i/o informació per a l'episodi
- Ajuntaments involucrats

Mesura 9. Actualització dels Plans Municipals d'autoprotecció i Protecció Civil d'acord amb la nova situació multi-risc

(Fases de Prevenció i Preparació / Avaluació del risc, cartografia i eines de planificació) Revisió de les zones d'evacuació i confinament que podrien veure's afectades per episodis d'allaus (sense precedents) (ex.: allau a mitja vessant que bloqueja l'accés rodat degut a la falta de cobertura vegetal), actualització de l'inventari de recursos (ex.: maquinària pesada per a l'extracció de neu), etc.

A càrrec de: Gestors de risc i cossos d'emergència (Direcció General de Protecció Civil), Autoritats locals i Actors privats (estacions d'esquí).

Mesura 10. Actualització del Pla ALLAUCAT per a la zona cremada, d'acord amb la nova situació multi-risc

(Fases de Prevenció i Preparació / Avaluació del risc, cartografia i eines de planificació) Revisió de les zones de risc (incloure la nova situació de risc en les DSS) i protocols considerant la situació multi-risc temporal deguda a la pèrdua de cobertura forestal.

A càrrec de: Gestors de risc i cossos d'emergència (Direcció General de Protecció Civil, Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya), Autoritats locals i Actors privats (estacions d'esquí).

5. Avaluació de la col·laboració ciutadana i les mesures d'informació

- Actuacions locals. Companyes individuals o comunitàries
- Actuacions generals d'informació. Reforçament de les campanyes de temporada

Mesura 11. Increment de la consciència de la població

(Fase de Prevenció / Cultura del risc i comunicació) Els veïns i usuaris de muntanya han de ser informats de les noves àrees de risc. Això inclou:

- Programes de seguretat en allaus: regulació d'accés a les àrees de risc, permetent només l'accés als serveis essencials; ubicació de llocs segurs i senyals.
- Campanyes de conscienciació per a informar sobre els canvis en el terreny i els riscos derivats (allaus)

A càrrec de: Gestors de risc (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Direcció General d'Agents Rurals), Autoritats locals (Oficines de turisme), Actors privats (estacions d'esquí, associacions d'excursionisme, sector turístic, refugis, etc.) i ONG (Associació per al Coneixement de la Neu i les Allaus – ACNA)

Pas addicional: Per a escenaris de simultaneïtat o avaluació del desencadenament a curt termini

- Avaluació operativa de la resposta
- Determinació de les fases d'activació, mesures per a protegir la població, mecanismes d'informació, etc.

Una vegada l'incendi hagi succeït en aquelles zones allavoses, s'ha de formar un grup d'experts per a avaluar els passos que cal desenvolupar. L'objectiu és respondre a l'emergència per a prevenir riscos addicionals (veure mesura 1).

Secció II. Anàlisi de la susceptibilitat de la funció protectora del bosc en cas d'incendi forestal, i la seva afectació al risc d'allaus

2.1 Objectius i metodologia

L'aparició d'un incendi en zones de muntanya pot comprometre la funció protectora dels bosc, que és cabdal com a solució basada en la natura per a prevenir les allaus.

Per tal d'analitzar i dimensionar quina influència tindria un incendi sobre el risc d'allau en una situació multi-risc, s'ha elaborat un cas d'estudi a la Vall de Núria, on hi ha un ampli coneixement del risc d'allaus, i on es disposa d'informació suficient per a elaborar diferents escenaris de risc d'incendi.

Aquest exercici es desenvolupa a través dels següents passos:

1. Definició de l'àrea d'estudi

Aquest pas és crucial per a focalitzar l'exercici en un territori amb suficient informació i coneixement disponible. Les característiques que ha de contenir l'àrea d'estudi són:

- Altituds d'entre 1.600 i 2.600m (territori d'allaus i límit del creixement del bosc).
- Pendents d'entre 25-45°.
- Elements exposats o vulnerables a protegir.
- Coneixement dels patrons d'incendi forestal.
- (A ser possible) Incendi històric.

La Vall de Núria és una zona d'especial interès per aquest exercici perquè compleix amb totes les característiques anteriors i a més a més té els següents valors:

- Es troba dins un Parc Natural.
- És una atracció turística, i per tant, té un gran volum de visitants durant tot l'any.
- L'atenció de l'element exposat es centra en el carrilet que va des del poble de Queralbs dins al Santuari, recorrent el fons de la vall.
- El desembre de 2007 un incendi forestal va cremar 60ha dins l'àrea d'estudi (veure [informe](#) del Cos de Bombers de la Generalitat de Catalunya).
- Té activitats de pastura.

2. Anàlisi de la informació disponible

Per tal d'elaborar una anàlisi del territori d'estudi, s'han utilitzat les següents fonts d'informació:

- Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (2018).
- Model Digital del Terreny.
- Infraestructures.
- Mapa Urbanístic de Catalunya
- Cartografia d'allaus i zones allavoses.
- Cartografia d'incendis històrics.
- Informe de l'incendi de Queralbs 2007.
- Informació meteorològica de l'estació de la Vall de Núria.
- Models de combustible ([PREVINCAT](#)).

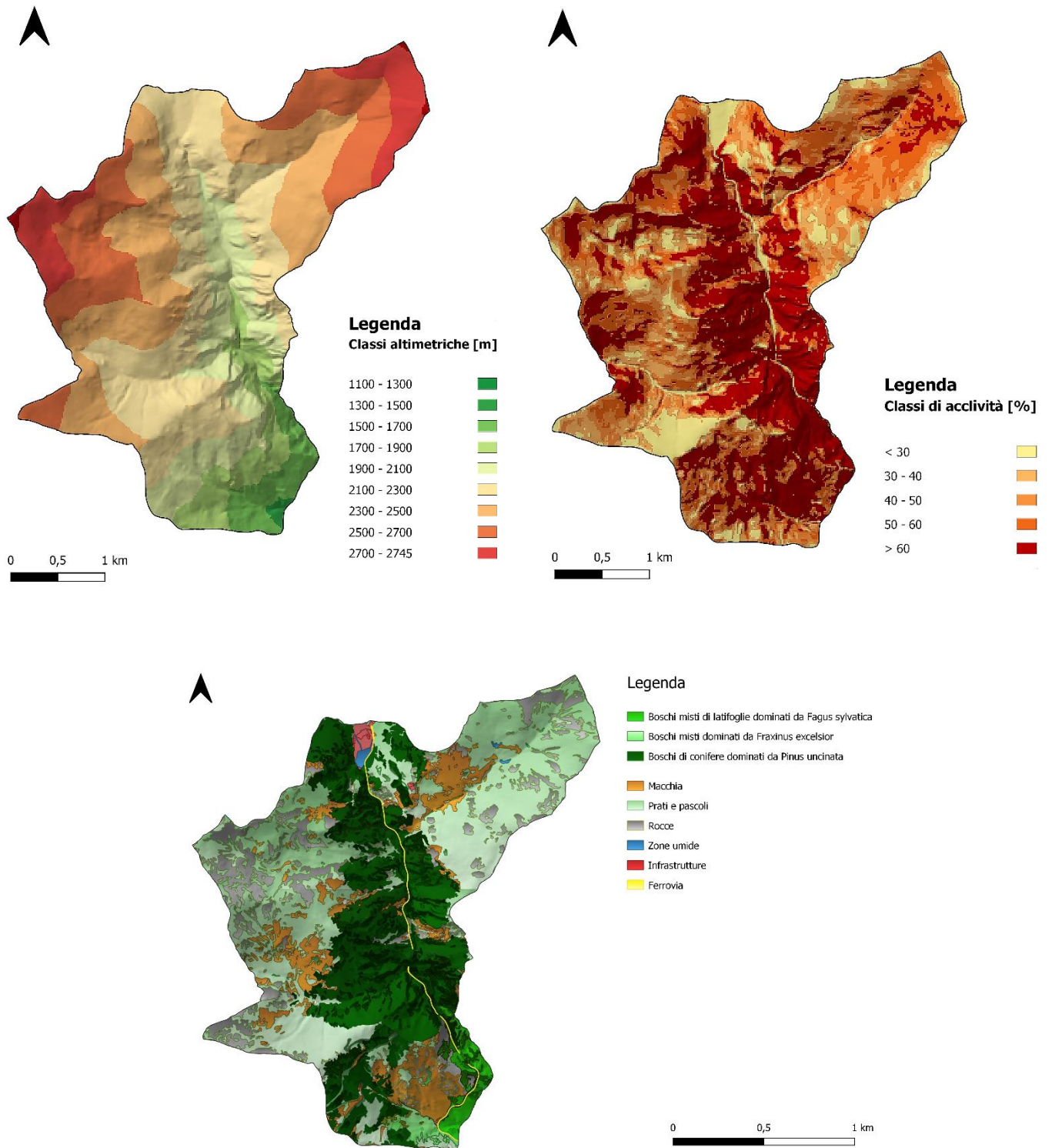


Figura 1. Exemples de la cartografia utilitzada per a l'anàlisi del terreny.

3. Definició dels escenaris de risc

Després d'analitzar els elements físics i socioeconòmics del territori seleccionat, es van definir dos escenaris climàtics per a efectuar la simulació d'incendis forestals d'acord amb els principals patrons de la zona (vent de sud i de nord).

Amb l'objectiu d'avaluar la capacitat de pèrdua de funció protectora del bosc degut a un incendi en un context de canvi climàtic, les simulacions es van efectuar establint:

- Escenari climàtic i d'usos del sòl actual

L'incendi amb patró de sud es va simular en un escenari d'onada de calor (prenent les dades de l'onada del 2015 a la Vall de Núria), mentre que l'incendi amb patró de nord es va simular en un escenari d'hivern caracteritzat per una baixa humitat relativa (basat en les característiques meteorològiques de l'incendi del 2007).

- Escenari climàtic i d'usos del sòl en un context de canvi climàtic

Per ambdós tipus d'incendi (patró de nord i de sud) es van usar les mateixes condicions climàtiques que les anteriors, però incrementant 2°C les temperatures i reduint un 5% la humitat relativa. Respecte els usos del sòl, es va simular un abandonament de les pastures i un augment de la línia altitudinal de vegetació.

Sota la definició d'aquests dos escenaris, es van simular diverses ignicions (FARSITE i FlamMap), donant com a resultat una possible superfície dels incendis, així com la dinàmica d'alta o baixa intensitat del foc i, per tant, determinant les zones afectades per focs de capades.

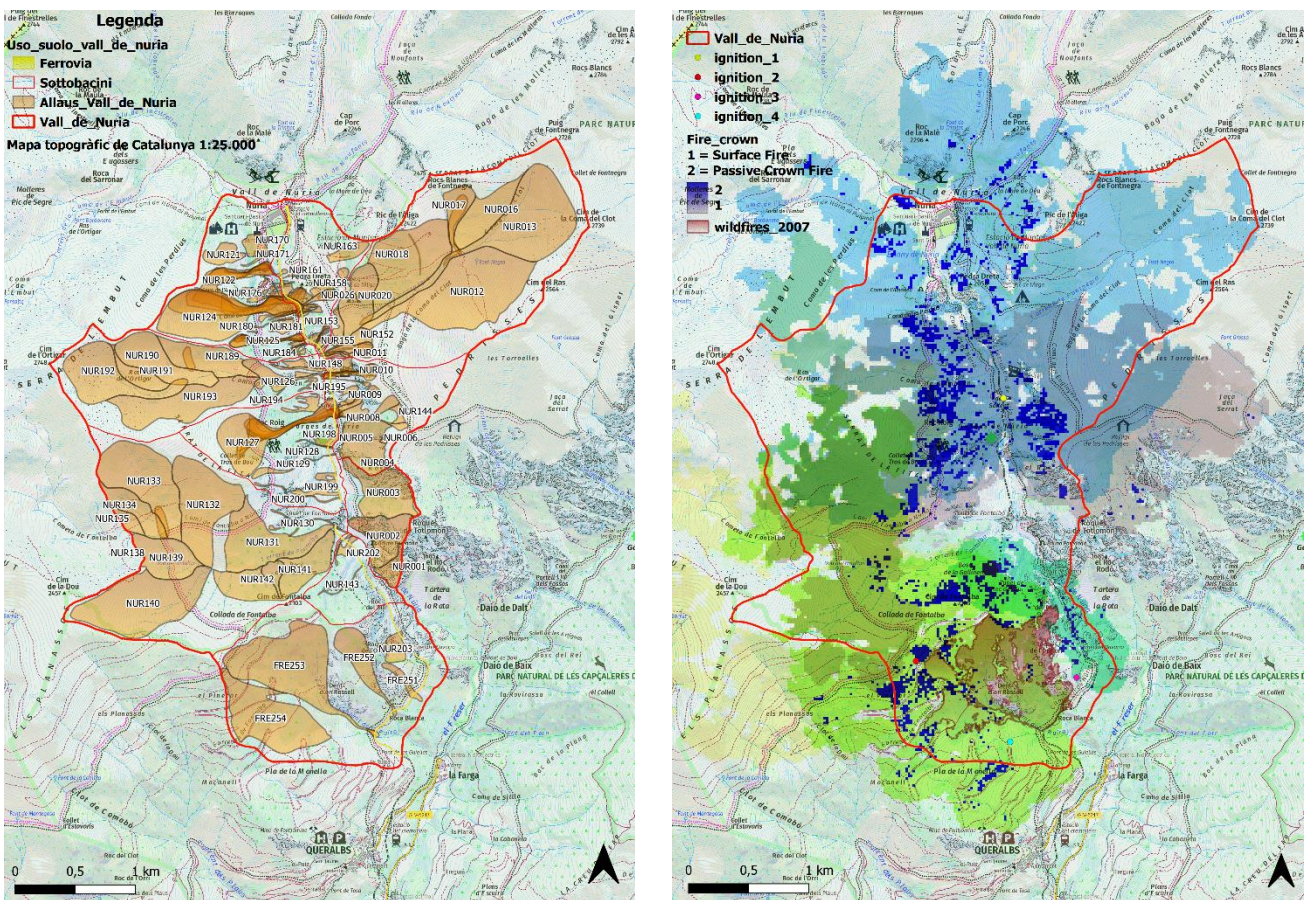


Figura 2. (Esquerra) Cartografia d'allaus a la zona d'estudi. (Dreta) Simulació d'incendis en l'escenari de condicions actuals amb les zones de focs de capçades marcades en blau.

2.2 Anàlisi dels resultats

Entenent que un incendi forestal podria comprometre la funció protectora del bosc davant el risc d'allaus, la identificació i delimitació de les àrees afectades per foc d'alta intensitat (foc de capçades) permet localitzar aquelles zones on la cobertura forestal desapareixeria o quedaria molt malmesa, tot compromentent la seva funció protectora.

Aquesta caracterització d'intensitat de foc és important ja que un foc de baixa intensitat no hauria de limitar la funció protectora del bosc.

Així doncs, amb aquest estudi s'ha pogut suposar quines serien les àrees afectades pel foc de capçades, i per tant, quines serien les àrees on la funció protectora desapareixeria.

Aquestes àrees són estratègiques en quant al risc d'allaus? Aquesta pèrdua de funció protectora podria augmentar el risc d'allaus? O es localitza en unes zones que no l'afecten destacadament?

- La influència d'un incendi sobre el perill d'allaus és indiscutible en una zona boscosa d'alta muntanya amb pendents superiors a 28°, com és el cas de la zona d'estudi de la Vall de Núria. Zones sense perill d'allaus passen a esdevenir zones probables de desencadenament d'allaus per efecte de la modificació de la rugositat del terreny.

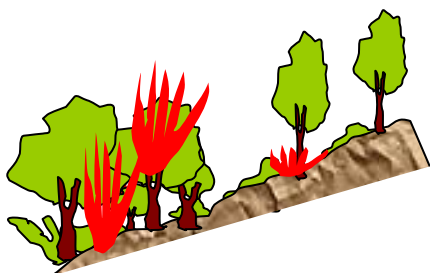
- Com a conseqüència d'aquesta interrelació entre ambdós perills naturals, seria innovador i pertinent de cara a l'anticipació i a la Preparació, identificar nous "escenaris d'amenaça per multi-risc" no per encadenament de fenòmens (fàcilment previsible com ara la fusió de neu, afegida a la pluja intensa, que esdevindria en inundació) sinó per la generació de nous escenaris d'amenaça per modificació de les condicions actuals del medi.
- De cara a la gestió del risc d'allaus, una proposta per avançar seria crear una nova capa d'informació del tipus "Susceptibles zones de sortida a causa d'incendi" en vessants on hi hagi elements vulnerables. L'elecció de Vall de Núria en aquests sentit és exemplar.
- La influència de l'incendi en el risc d'allaus no es redueix només a l'aparició de "noves zones d'allaus", sinó que també pot implicar un augment de la severitat. Un augment de les conseqüències sobre els elements vulnerables identificats a les zones d'arribada, en cas que l'incendi hagi desforestat la zona de sortida però es mantingui el bosc a la part baixa o central del vessant. Un exemple recent i catastròfic de com una zona densament arbrada per sota d'una zona de sortida desforestada incrementa les conseqüències d'una allau ha estat el cas de Rigopiano al 2017 als Apenins, on la massa forestal arrencada va agreujar els efectes destructius. No obstant, per a allaus inferiors a 30.000 m³ els boscos en zones de trajecte fan disminuir la velocitat del flux.
- En cas d'incendi, el bosc afectat a la zona de sortida deixa de tenir efecte de sistema de defensa si:
 1. L'alçada dels arbres no és superior al doble de gruix de neu al terra per a un període de retorn T100.
 2. El diàmetre dels troncs és inferior a 8 cm.
- En cas d'incendi, pot ser crític dur a terme una neteja dels arbres malmesos o per explotació comercial. Ja existeixen precedents a Canadà d'allaus desencadenades degut a aquestes pràctiques amb afectacions a infraestructures (existeixen manuals de com dur a terme una gestió forestal sense incrementar el perill d'allaus).
- Una proposta per avançar en aquest escenari multi-risc podria ser que des de la gestió del risc d'allaus es calculés l'increment de noves zones d'allaus i també el seu risc (modelitzant el flux de l'allau i veient l'efecte del bosc que quedés en zones mitges i baixes) a partir dels resultats de les dues simulacions d'incendis efectuades.

Secció III. Prescripcions tècniques de gestió del combustible forestal adaptades al risc d'incendi forestal i el risc d'allau

A nivell de rodal de bosc, les pràctiques de gestió forestal haurien de permetre abordar la reducció del risc d'incendi forestal conjuntament amb el manteniment de la funció protectora del bosc (tant per allaus com també per a despreniments). Els boscos oberts amb poca vegetació al sotabosc, que normalment patiran incendis de superfície i evitaran incendis de capçada poden, tanmateix, comportar un augment del risc de caiguda de rocs en terrenys pendents.

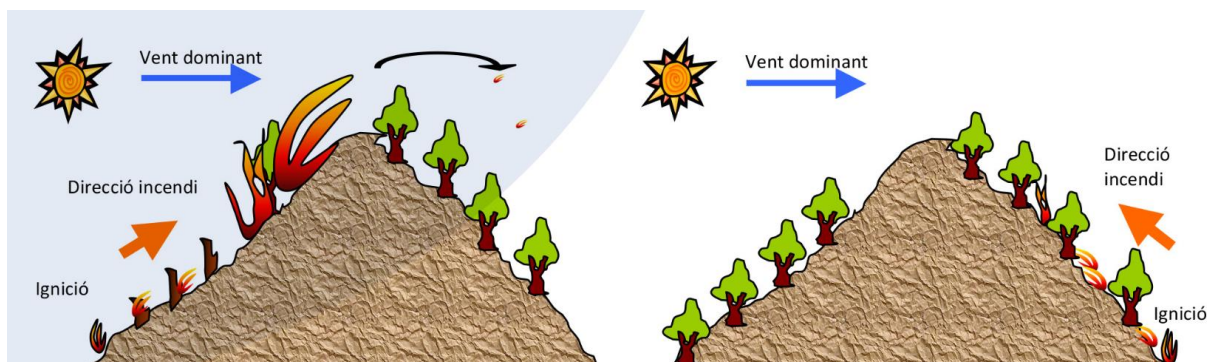
Aquesta proposta de directrius de gestió forestal per a la reducció de situacions multi-risc d'allaus i incendis es basa en abordar diferents tractaments de combustible (i la consegüent estructura forestal) segons la situació física de la coberta forestal al llarg del pendent i la zona del recorregut de l'allau (Figura 3). L'objectiu principal és reduir el risc d'incendis de capçada al bosc situat a la zona d'inici d'allaus. Per aquest

motiu, s'hauria de disposar d'una estructura de bosc obert, amb arbres dispersos i amb poc sotabosc, i amb una certa distància de manera que un incendi ascendent des del fons de vall tingui temps de baixar la intensitat i arribar a ser un incendi de superfície. Al tram mitjà o de trànsit de l'allau, en canvi, caldrà d'assegurar estructures forestals denses per reduir el risc de caiguda de roques. En conseqüència, els incendis de capçada seran possibles. A la part inferior s'haurien de disposar de estructures de bosc obertes per ajudar en primer lloc al control del foc, però també per a reduir la biomassa a la zona d'arribada de l'allau.



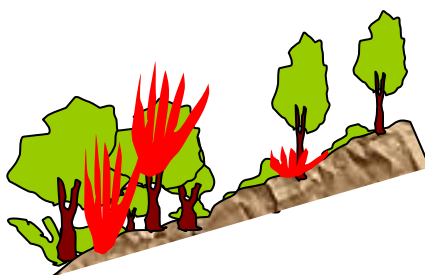
Focs de capçades en boscos denses i estrats verticals de vegetació contínues des de la superfície del sòl fins a la part superior dels arbres (esquerra) i focs superficials (dreta) en rodals de bosc obert. El vent, el pendent i el preescalfament (cremant a favor de pendent) dels combustibles són les principals forces que influeixen en la velocitat i la intensitat dels incendis. Normalment, un incendi propagant des del fons de vall fins als cims, alineat amb vents ascendants topogràfics i en vessants assolllades, pot generar la pitjor situació.

En la figura inferior es descriuen les alineacions dels factors que afavoreixen la propagació dels incendis.



Alineació 3/3: El foc avança a favor de pendent (1) en la mateixa direcció del vent dominant (1) i en vessant de solana (1). El foc presenta el seu màxim grau d'intensitat en aquestes condicions i pot afavorir la generació i emissió de focus secundaris en arribar a la carena.

Alineació 1/3: El foc avança a favor de pendent (1) però en vessant d'obaga (resta un factor d'alineació) i en contra del vent dominant (resta un altre factor d'alineació). Foc de menor intensitat respecte la màxima alineació possible.



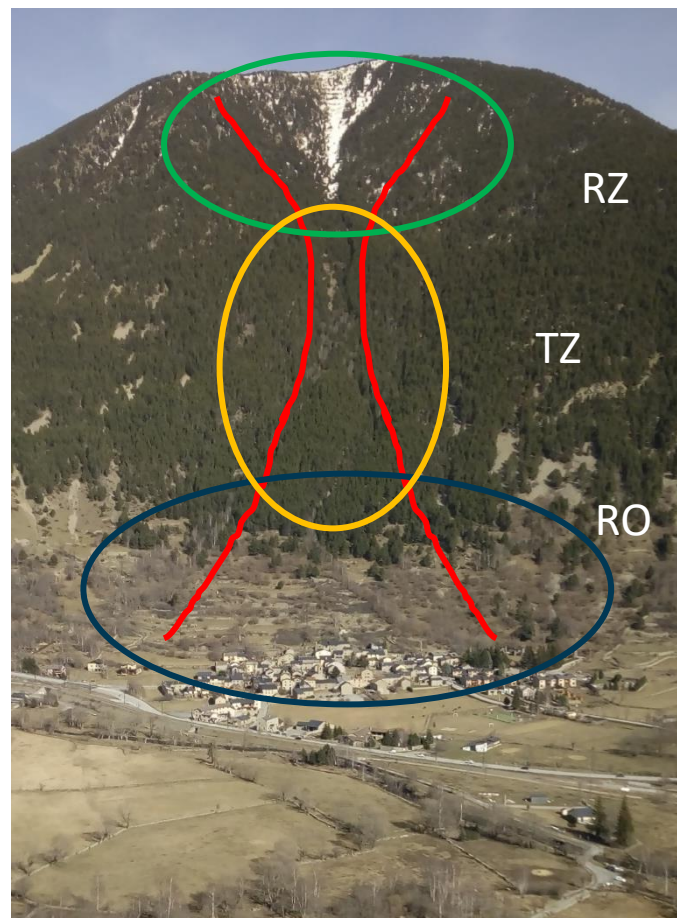
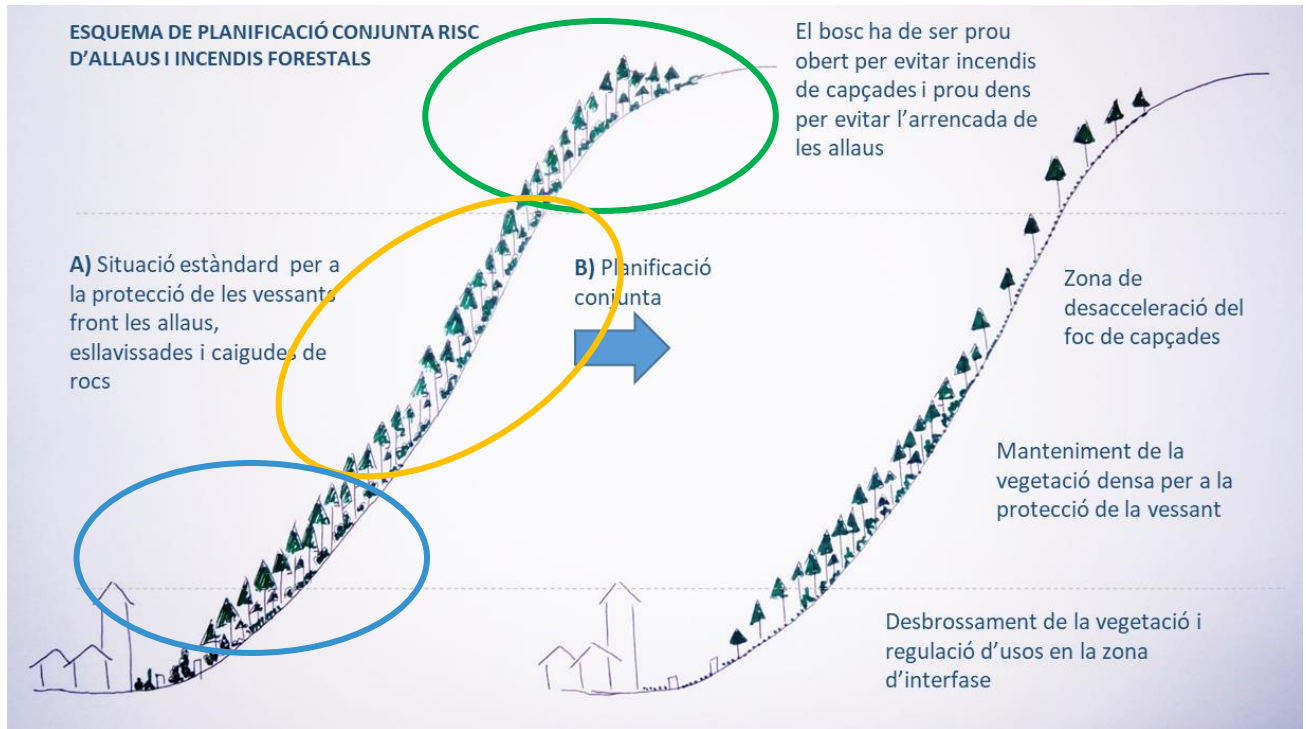


Figura 3. Esquema de prescripcions de gestió forestal cap a un enfocament comú de mitigació del risc d'allau d'incendi forestal a nivell d'unitat forestal.

Planificació forestal multirisc - incendis/allaus

RZ – Zona de formació: Zona més crítica on cal conservar al corona forestal per evitar l'arrencada de l'allau, assumint que una vegada activat, els boscos tindran poca capacitat d'aturar el moviment de massa. Caldrà garantir estructures de bosc prou obertes i desbrossades per evitar els focs de capçades. Per contra, els arbres poden resistir els focs de sotabosc sense problemes.

TZ - Zona de trànsit: Caldria garantir una estructura arbrada prou densa per mantenir la funció protectora. La seva continuïtat, però, permetria que un incendi des del fons de vall i en l'alineació favorable pendent amunt (quan la radiació ascendent facilita la propagació de les flames) afectés les capçades de l'arbrat de la corona de protecció de la RA. La recomanació seria generar una zona de menor densitat d'arbrat i vegetació arbustiva abans de la zona RA per tal de reduir la intensitat de foc fins a convertir-lo en un foc de superfície, evitant que propagui per les capçades. Això pren especial rellevància en vessants sud, més afectades per la radiació i sequera dels combustibles, i on normalment s'ubiquen els assentaments.

ROZ – Zona de deposició: En cas de manca de coberta forestal, caldrà evitar-ne els usos i activitats permanents, i canalitzar les sortides d'allaus. Des de la perspectiva d'incendis, és la zona de major risc d'ignició (vinculat a l'acció humana; cremes de restes de vegetació, combustió de motors, guspines de línies elèctriques, usos recreatius, etc..). Regulacions específiques els dies de més risc, controls addicionals, planificació d'activitats i usos de risc (per exemple, evitar instal·lar zones recreatives properes al bosc) o barreres físiques a la propagació del foc (rases, murs, conreus tallafoc) son algunes mesures per evitar que un foc urbà entri al bosc i inici la carrera ascendent. Novament, cal tenir en compte que sovint els assentaments i infraestructures s'ubiquen a la base de les vessants sud, on la vegetació està més seca.



Figura 4. Vall de Núria. (Esquerra) Zona de transit d'allaus amb el carrilet al fons de vall. (Dreta) Area afectada per l'incendi de Queralbs de 2007 (Foto: M. Serra, E. Plana).

Consideracions finals

- Aquestes directrius preliminars de gestió multi-risc incendis allaus es poden desenvolupar i adaptar per a situacions similars a diferents territoris de muntanya.
- Tanmateix, el coneixement adequat dels patrons d'incendi forestal al territori pot ajudar a fonamentar la presa de decisions en escenaris sòlids de risc pre-definits. En aquest sentit, són previsible llacunes importants de coneixement en aquelles zones on el fenomen dels incendis és poc habitual.
- A més, conèixer l'ecologia del foc de les espècies forestals predominants és fonamental. Les directrius proposades serveixen per a espècies arbòries adaptades i resistents de forma natural als focs de superfície i baixa intensitat (gràcies a la protecció que el ofereix l'escorça, com és el cas del pi negre (*Pinus nigra*) o el pi roig (*Pinus sylvestris*)). En el cas d'espècies d'escorça prima sensibles a la calor del foc, no s'hauria d'adoptar la mateixa estratègia multi-risc a nivell de rodal forestal.
- Aquesta situació de risc múltiple mostra la contribució de la funció protectora dels boscos com a solució basada en la natura, assegurant la protecció del sòl, i front les allaus o la caigudes de rocs a la població, les infraestructures i les activitats econòmiques del sòl. Encara que a moltes zones de muntanya la combinació d'ambdós riscos encara és poc habitual, el canvi climàtic podrà fer-la més freqüent. En qualsevol cas, aquelles accions per adaptar els ecosistemes i les pràctiques forestals a aquest enfocament de risc combinat requereixen temps, i poden implicar canvis culturals sobre les activitats forestals tradicionals (fins i tot, proposant el canvi d'espècie com a estratègia d'adaptació, promovent espècies resistents al foc de baixa intensitat).
- Mentrestant, el creuament dels mapes de les zones amb més perill d'incendi forestal, els mapes d'allaus que ja existeixen a les zones de muntanya, juntament amb els valors en risc, poden orientar la presa de decisió de les accions de reducció del risc. Tan en l'àmbit de les allaus com dels incendis, disposar d'una bona cartografia del risc facilita la seva transposició al planejament urbanístic, per exemple. Els canvis en els usos del sòl i el mateix canvi climàtic, emperò, en fa necessari una actualització constant.
- Aquest cas d'estudi també mostra la importància de combinar el coneixement d'ambdós riscos naturals així com del món de la recerca i el món operatiu alhora d'abordar situacions poc conegudes i poder portar a terme amb èxit una gestió multirisc.