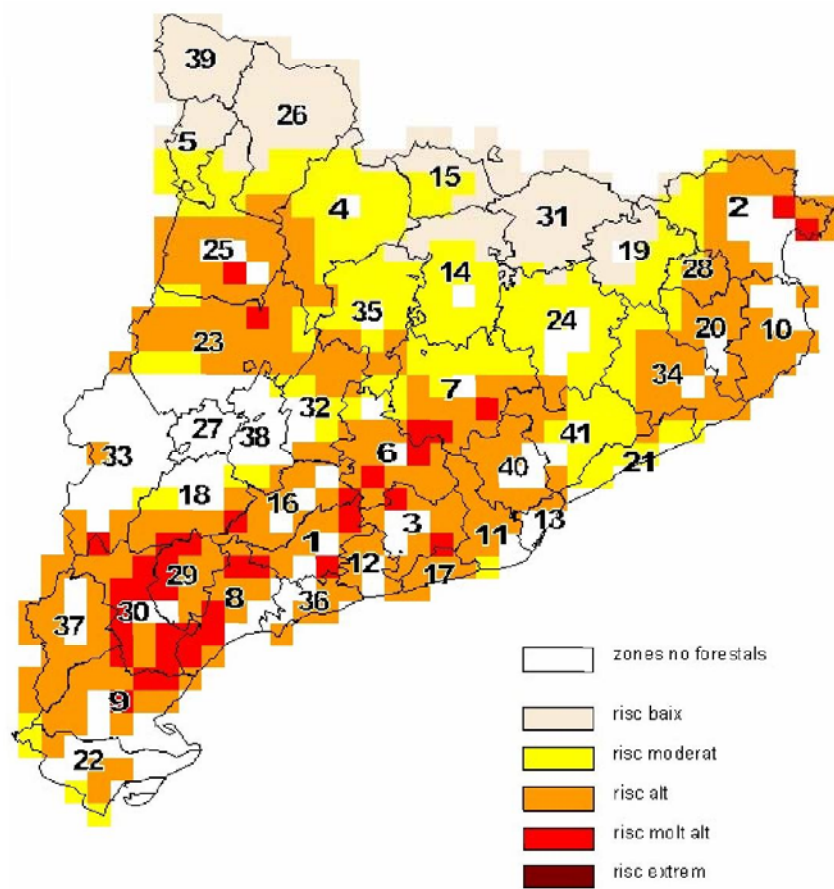


Els Mapes de perill d'incendi  
forestal

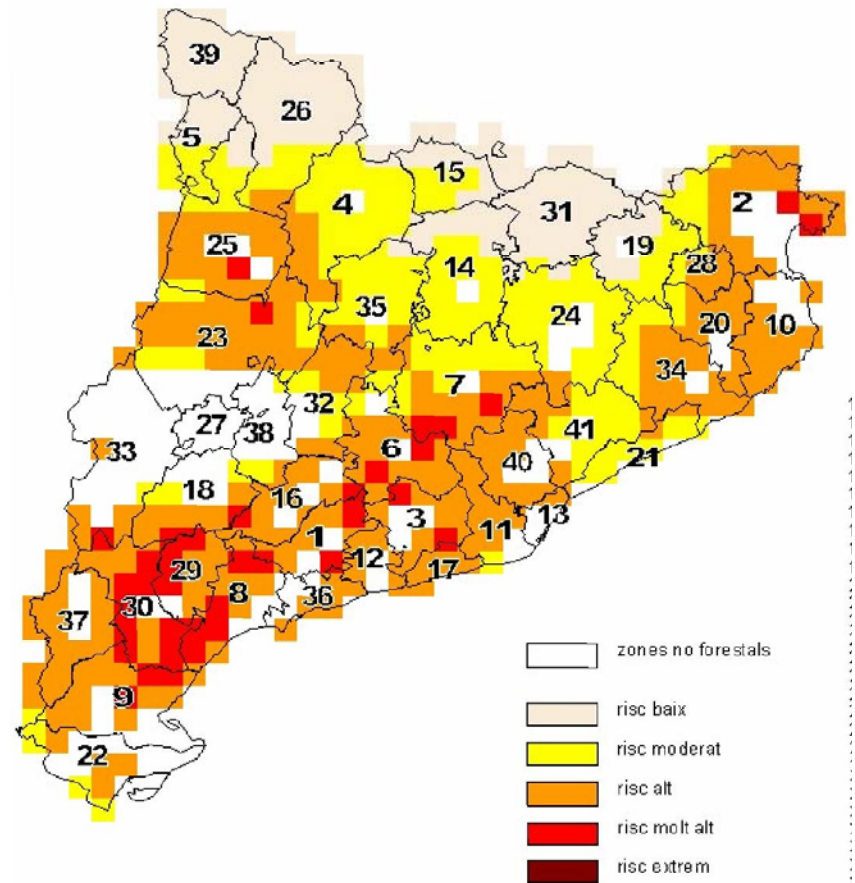
José Ángel Burriel  
[j.angel@creaf.uab.cat](mailto:j.angel@creaf.uab.cat)

# La millora del Mapa de perill diari d'incendi forestal



# Què és el Mapa de perill d'incendi forestal?

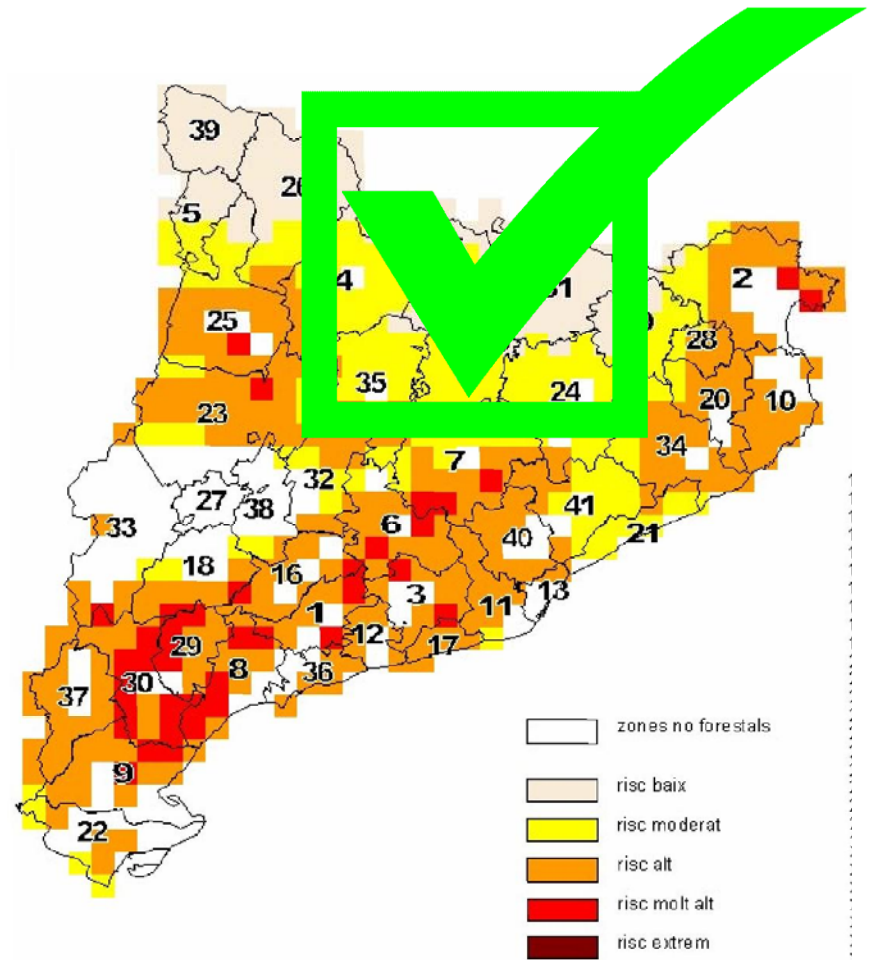
- Representació geogràfica i diària del perill d'incendi forestal.
- Es genera a partir d'informació rellevant sobre l'evolució del perill d'incendi forestal.
- Permet la valoració global del perill d'incendi per a la totalitat del territori.



<http://www.gencat.cat/medinatural/incendis/mapaperill/>

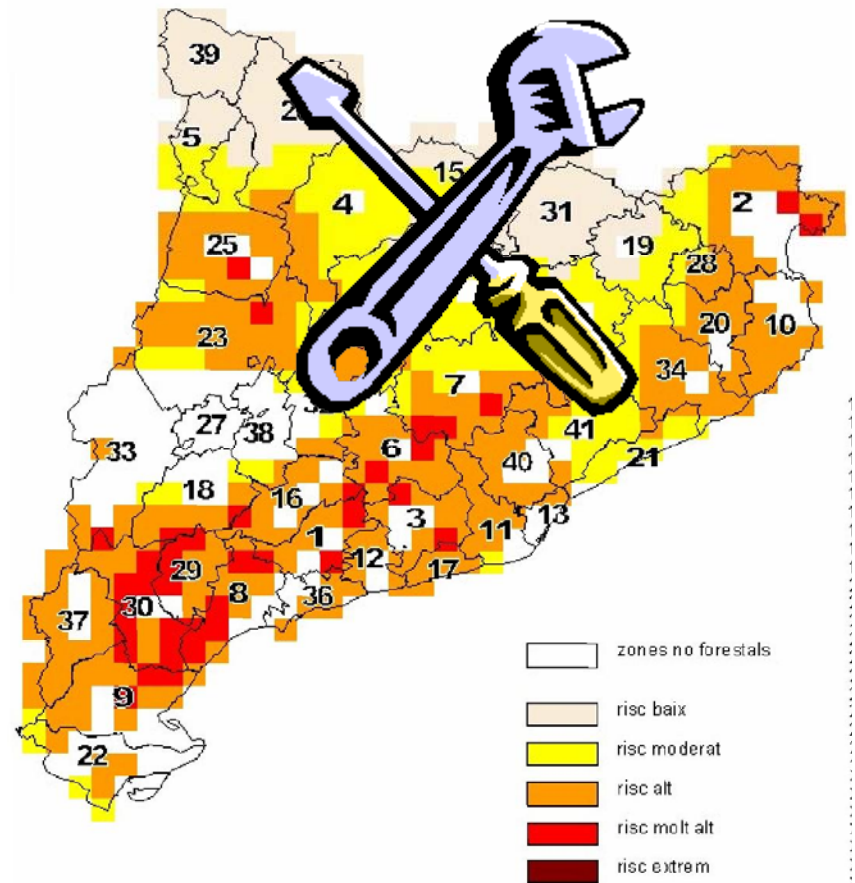
# Per què s'ha de millorar el Mapa de perill?

- Per **ajustar** amb més precisió la **previsió** de perill d'incendi.
- Per **automatitzar** la generació del mapa diari de perill d'incendi forestal.



## Com millorar el Mapa de perill?

- La millora de les metodologies utilitzades.
- Integració de les línies i metodologies de treball en una eina modular, oberta i manejable (SIG-MiraMon)



# Implementació en SIG-MiraMon

- **Visualització:** tant de les capes subministrades al SPIF com de les que ja té en altres formats, amb la configuració de visualització i d'impressió desitjada, sense necessitat de coneixements en el tema.
- **Consulta:** mitjançant l'entorn visual del SIG-MiraMon o bé mitjançant consultes SQL via ODBC a partir dels seus mòduls de suport.
- **Anàlisi:** mitjançant programació en dBase i SIG-MiraMon, es calcula el perill d'incendi forestal. Com a resultat s'obté una taula DBF que es transforma en capa gràfica en el SIG-MiraMon

# Nou Mapa diari de perill d'incendi forestal

- Mapa de perill estructural (estàtic)
- Mapa de perill meteorològic (dinàmic)

## Mapa de perill estructural (estàtic)

- Model digital d'elevacions
  - Model digital de pendents
  - Model digital d'orientacions
  - Models d'inflamabilitat
  - Càrrega forestal cremable (o combustible fi)
  - Freqüència d'ignicions
- Orografia**
- Vegetació**
- 
- ```
graph LR; A[Model digital d'elevacions] --- B{ }; B --- C[Model digital de pendents]; C --- D[Model digital d'orientacions]; B --- E[Orografia]; F[Models d'inflamabilitat] --- G{ }; G --- H[Càrrega forestal cremable (o combustible fi)]; H --- I[Freqüència d'ignicions]; G --- J[Vegetació];
```

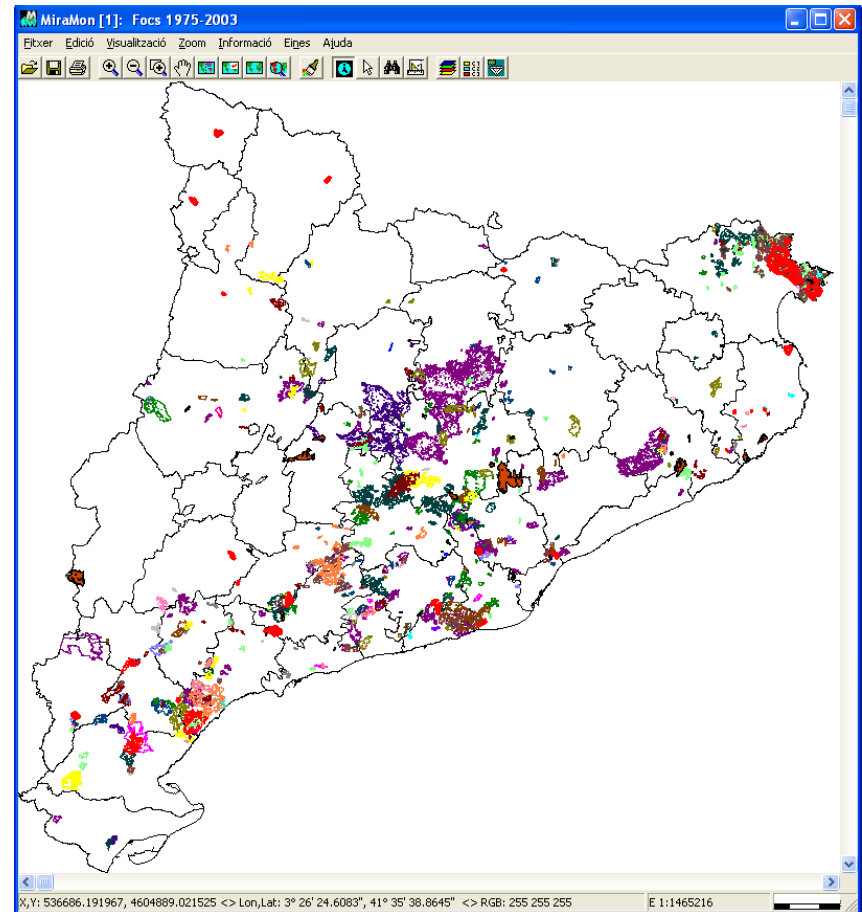


# Anàlisi estadística dels perímetres d'incendis històrics i de les característiques fisiogràfiques i de vegetació de les zones cremades

- Vegetació afectada
- Orientació, pendent i altitud
- Models de combustible
- Models d'inflamabilitat
- Càrregues totals (Biomassa)

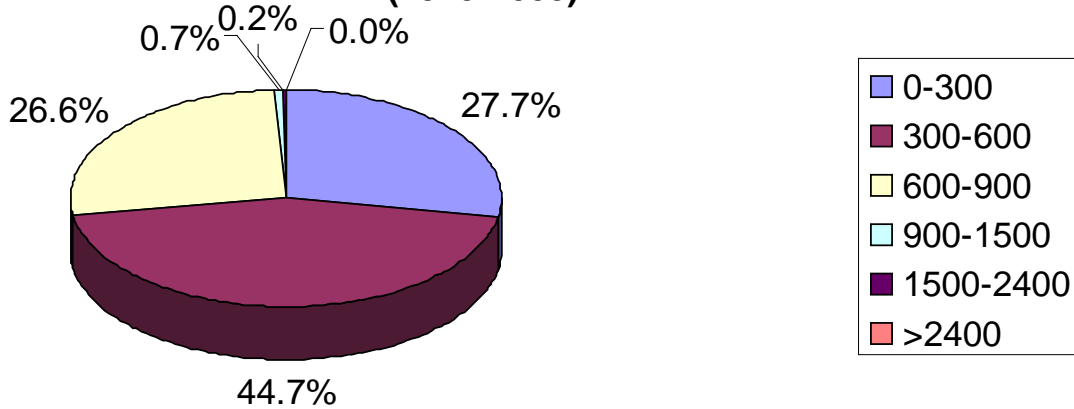
# Cartografia dels Incendis 1975-2003

- Obtinguda mitjançant el tractament d'imatges satèl·lit.
- Transformació Índex Normalitzat de vegetació (NDVI) i anàlisi de components principals.
- Finalment sobre el fitxer resultant classificació digital per destriar els píxels corresponents a superfície cremada.



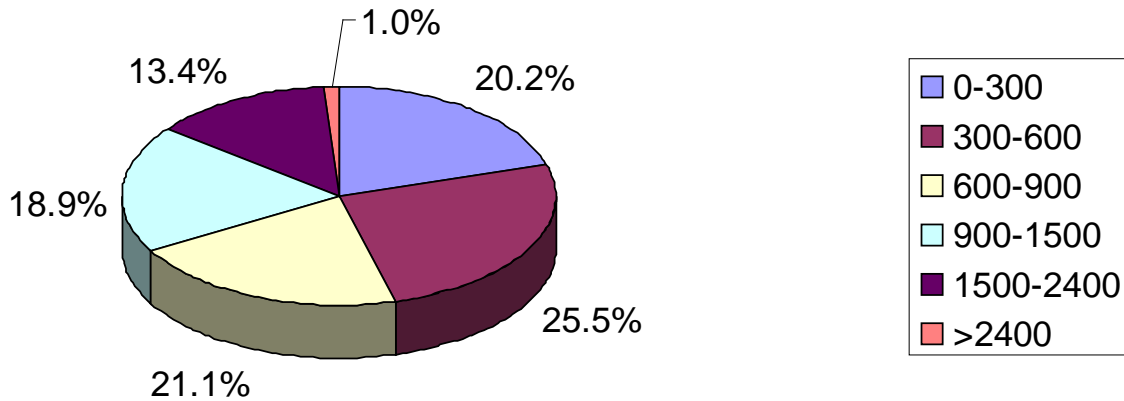
# Altitud

**Distribució en altitud de la vegetació cremada (1975-2003)**



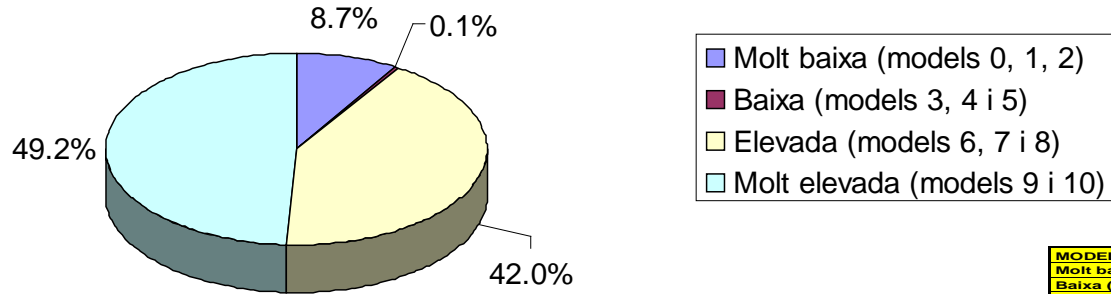
| INTERVALS    | FreqObservades | %            | FreqEsperades | %            |                              |
|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|------------------------------|
| 0-300        | 466            | 27.7         | 3778          | 20.2         |                              |
| 300-600      | 752            | 44.7         | 4777          | 25.5         |                              |
| 600-900      | 448            | 26.6         | 3943          | 21.1         |                              |
| 900-1500     | 12             | 0.7          | 3529          | 18.9         |                              |
| 1500-2400    | 4              | 0.2          | 2508          | 13.4         |                              |
| >2400        | 0              | 0.0          | 184           | 1.0          |                              |
| <b>Total</b> | <b>1682</b>    | <b>100.0</b> | <b>18719</b>  | <b>100.0</b> | <b>Xi quadrat 1.3418E-09</b> |

**Distribució en altitud de la vegetació a Catalunya**



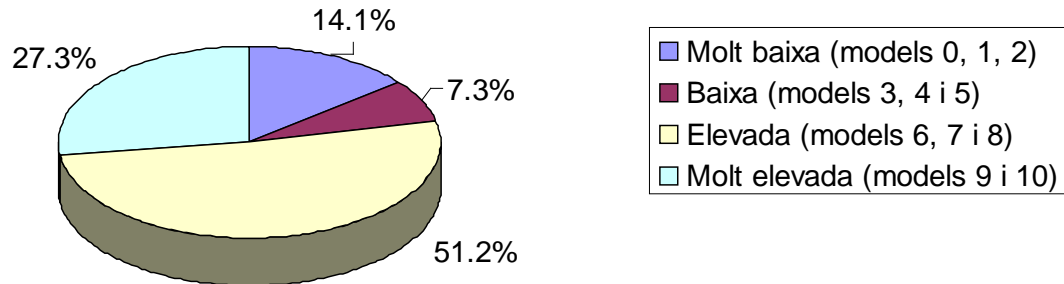
# Models d'inflamabilitat

Distribució dels models d'inflamabilitat de la vegetació a les zones cremades abans d'incendi (1994-2003)



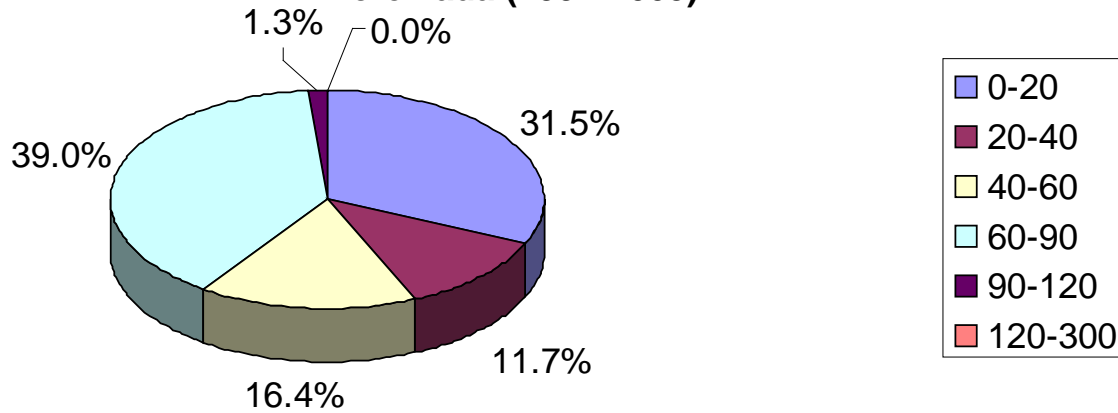
| MODELS                       | FreqObservades | %          | FreqEsperades | %          |                               |
|------------------------------|----------------|------------|---------------|------------|-------------------------------|
| Molt baixa (models 0, 1, 2)  | 97             | 8.7        | 2666          | 14.1       |                               |
| Baixa (models 3, 4 i 5)      | 1              | 0.1        | 1381          | 7.3        |                               |
| Elevada (models 6, 7 i 8)    | 468            | 42.0       | 9659          | 51.2       |                               |
| Molt elevada (models 9 i 10) | 548            | 49.2       | 5144          | 27.3       |                               |
| <b>Total</b>                 | <b>1114</b>    | <b>100</b> | <b>18850</b>  | <b>100</b> | <b>Xi quadrat 2.88017E-06</b> |

Distribució dels models de d'inflamabilitat de la vegetació a Catalunya



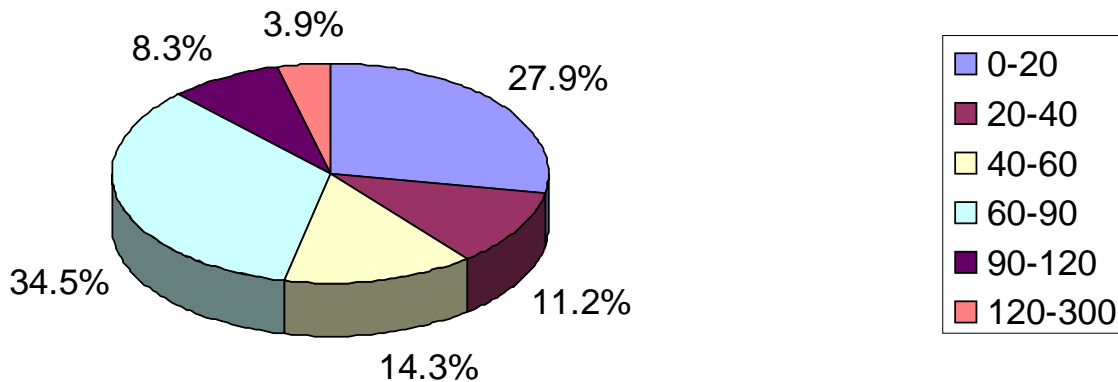
# Càrregues totals (biomassa)

Distribució de les càrregues totals de la vegetació cremada (1994-2003)

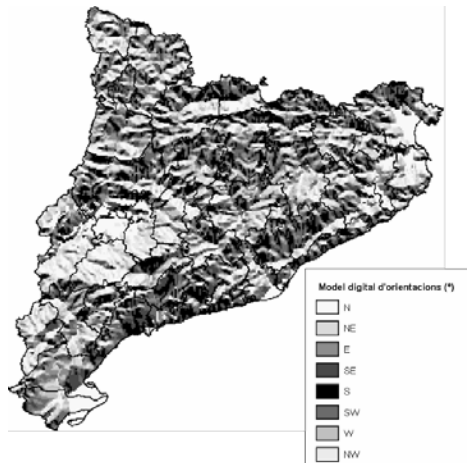
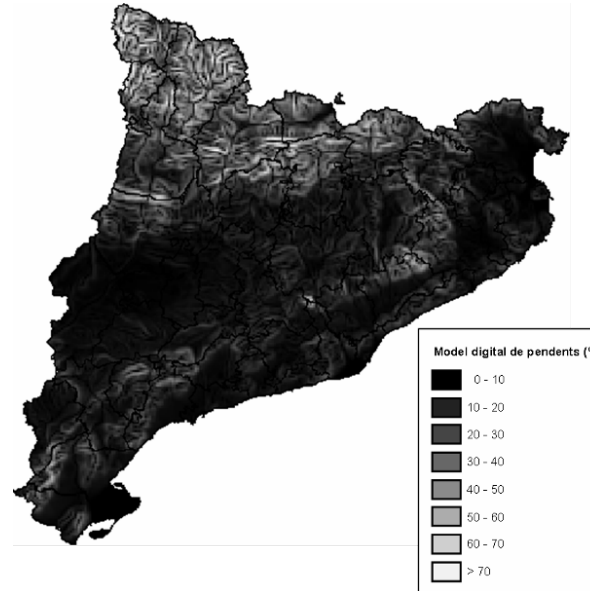
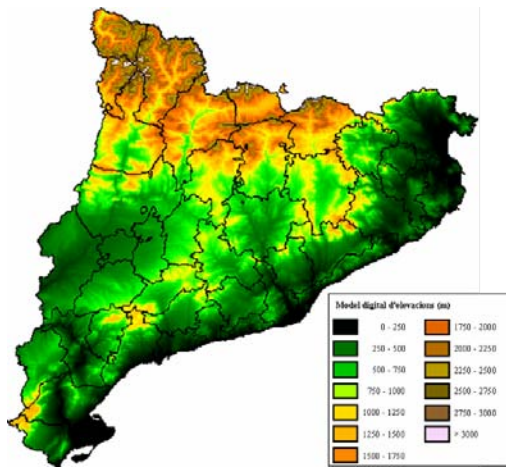


| INTERVALS    | FreqObservades | %            | FreqEsperades | %            |                              |
|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|------------------------------|
| 0-20         | 342            | 31.5         | 5218          | 27.9         |                              |
| 20-40        | 127            | 11.7         | 2100          | 11.2         |                              |
| 40-60        | 173            | 16.4         | 2678          | 14.3         |                              |
| 60-90        | 423            | 39.0         | 6454          | 34.5         |                              |
| 90-120       | 14             | 1.3          | 1550          | 8.3          |                              |
| 120-300      | 0              | 0.0          | 729           | 3.9          |                              |
| <b>Total</b> | <b>1084</b>    | <b>100.0</b> | <b>18729</b>  | <b>100.0</b> | <b>Xi quadrat 0.04724596</b> |

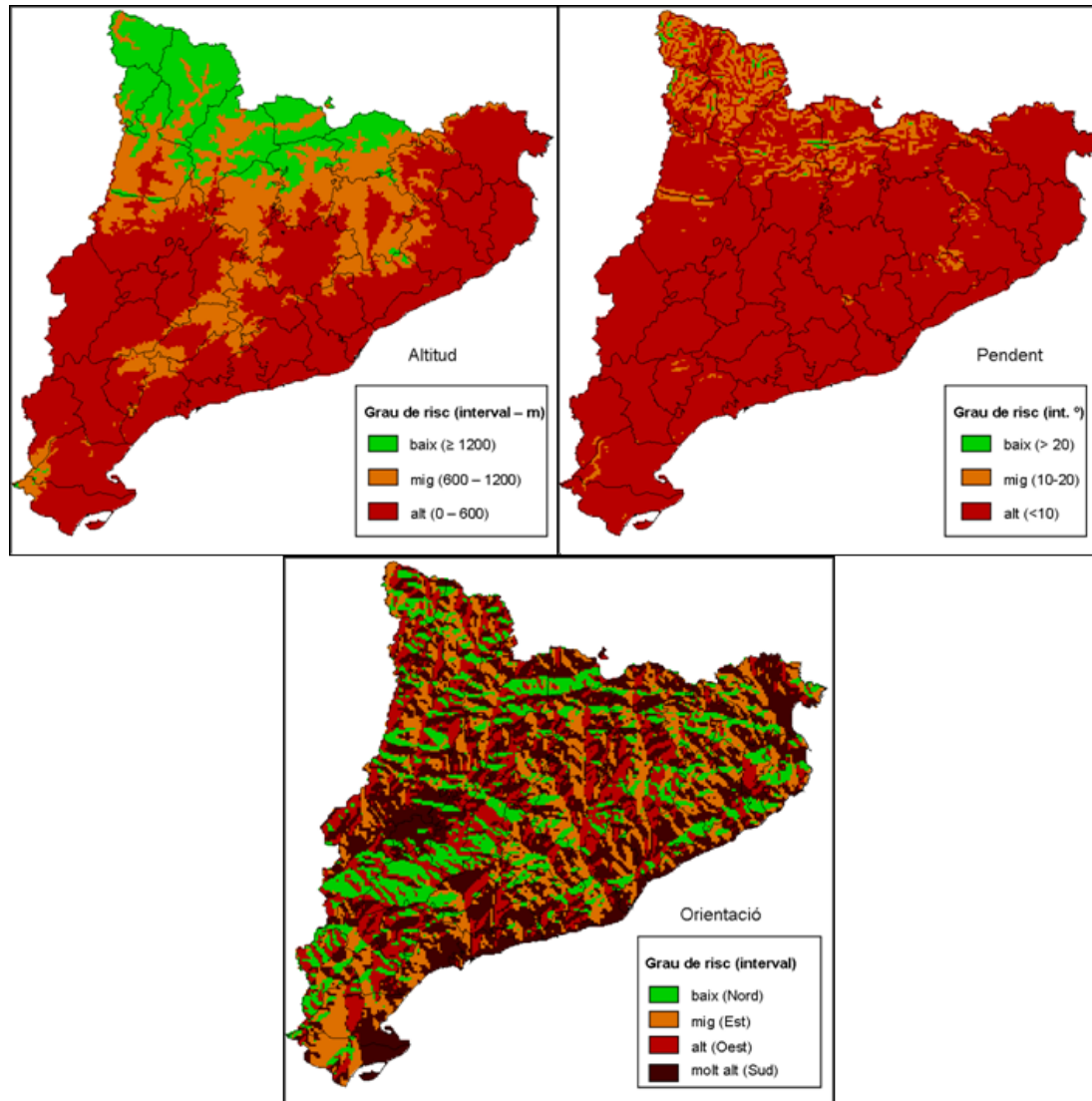
Distribució de les càrregues totals de la vegetació a Catalunya



# Models digitals del terreny



# Reclassificació del model digital del terreny a graus de perill



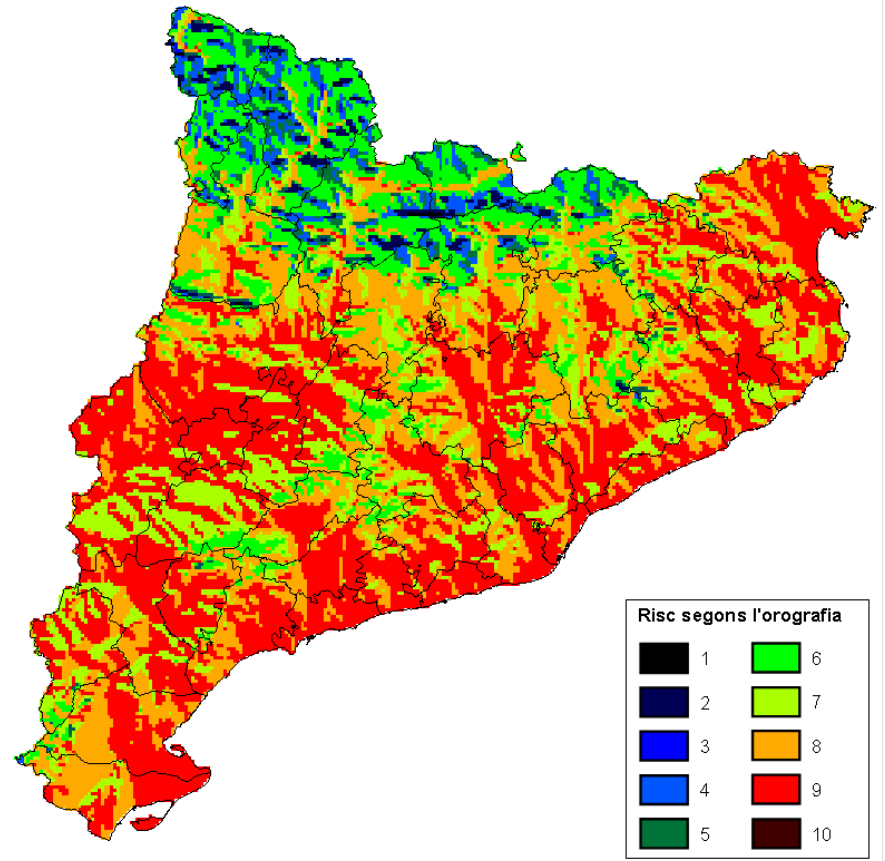
# Combinació de les tres capes d'orografia, prèviament reclassificades al grau de perill

|             |             | Orientació (°) <sup>1</sup> |   |     |     |
|-------------|-------------|-----------------------------|---|-----|-----|
| Altitud (m) | Pendent (°) | N                           | E | W   | S   |
| 0-600       | 0-10        | 7                           | 8 | 9   | 9   |
|             | 10-20       | 5                           | 8 | 9   | 9,5 |
|             | >20         | 4                           | 7 | 8,5 | 10  |
| 600-1200    | 0-10        | 6                           | 7 | 8   | 8   |
|             | 10-20       | 4,5                         | 7 | 8   | 9   |
|             | >20         | 3                           | 6 | 7   | 8   |
| >1200       | 0-10        | 4                           | 5 | 6   | 6   |
|             | 10-20       | 2                           | 4 | 6   | 6   |
|             | >20         | 1                           | 3 | 4   | 6   |



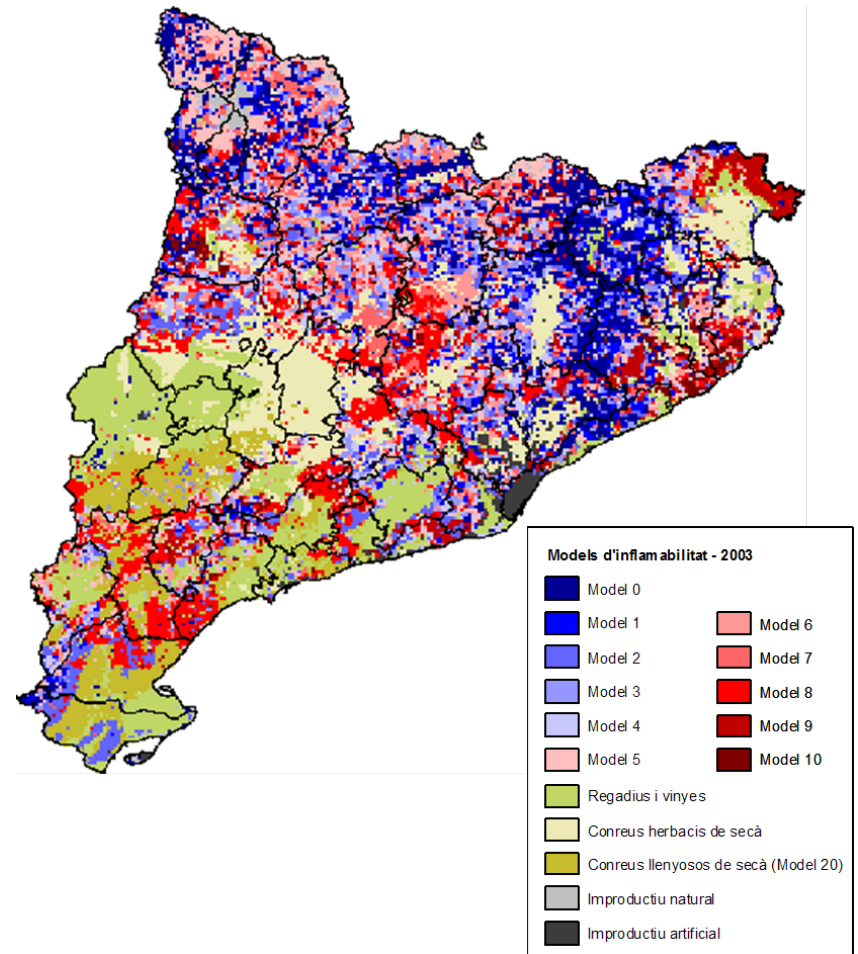
# Mapa de perill segons l'orografia

Les àrees de més perill són les que es troben en elevacions menors de 600 m, en terrenys amb un pendent de més de 20° i en orientacions sud



# Nou Mapa de models d'inflamabilitat

Els models d'inflamabilitat donen una idea del perill d'ignició de la vegetació d'una zona determinada.

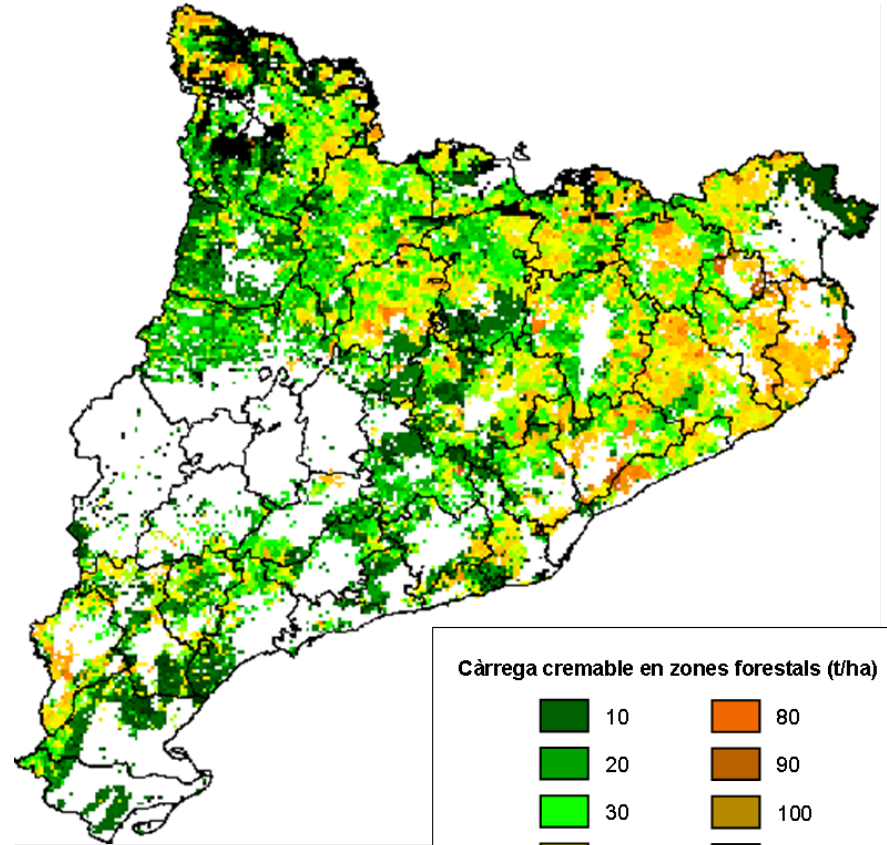


# Generació d'una cobertura de càrregues de vegetació (combustible fi)

Càrregues:

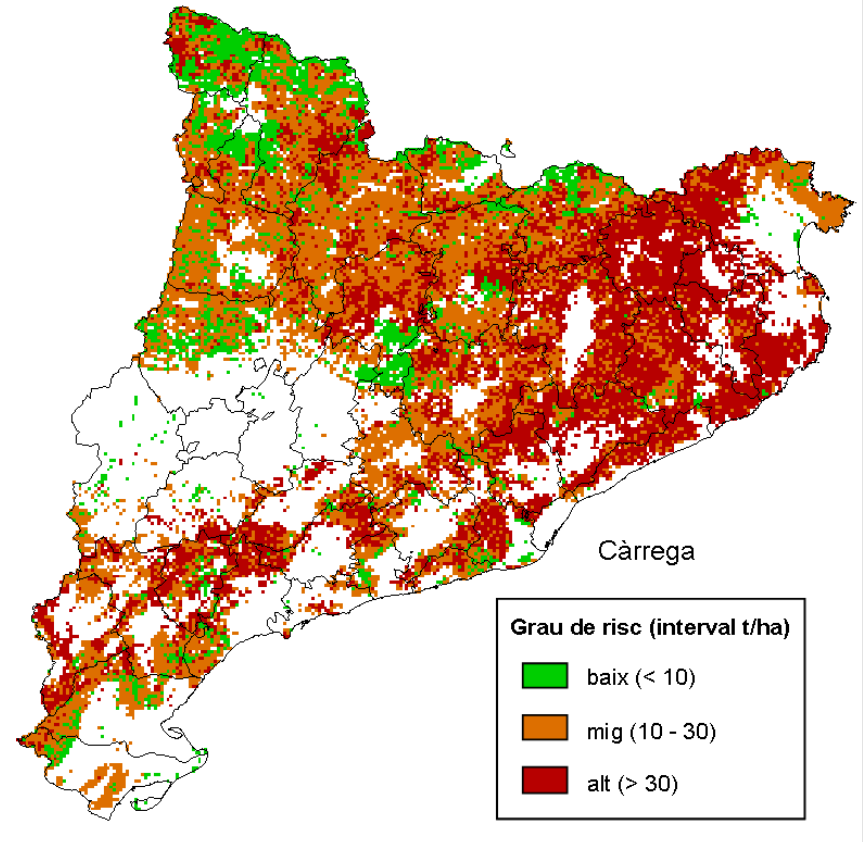
- Fracció arbòria  
(branques  $\varnothing < 5$  cm, i fulles)
- Sotabosc
- Virosta
- Matollar
- Prats

A partir d'informació de l'IEFC,  
IFN3, i CHC, sobre l'MCSC



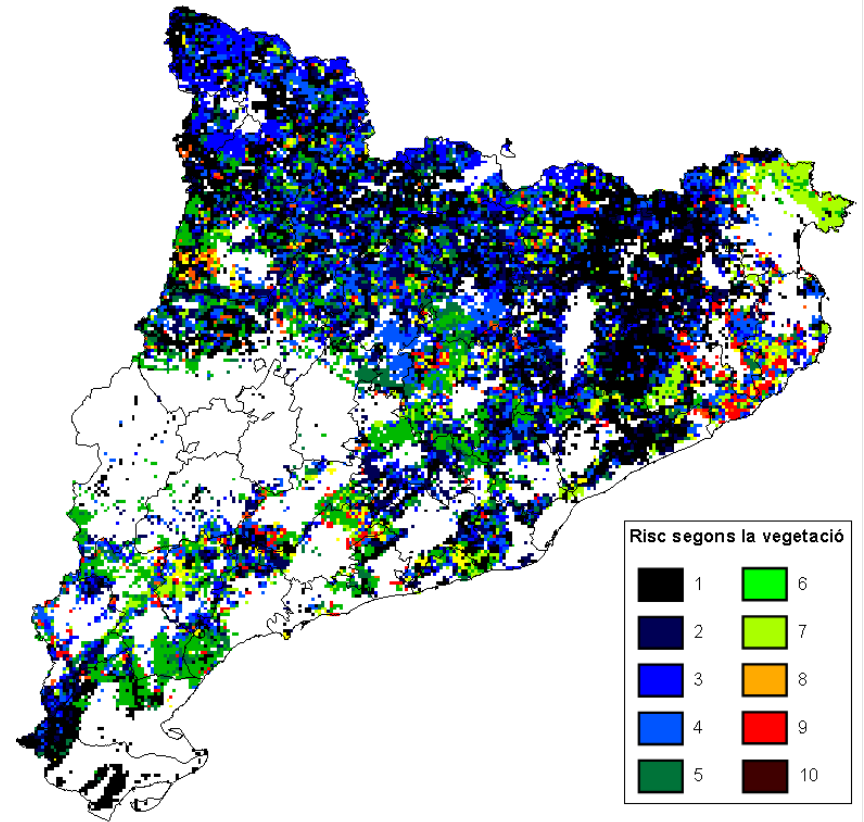
# Reclassificació de la Càrrega forestal cremable a graus de perill

Les zones de perill màxim en general corresponen a boscos de coníferes o d'esclerofil·les amb força branca i a matollars densos.



# Mapa de perill segons la vegetació

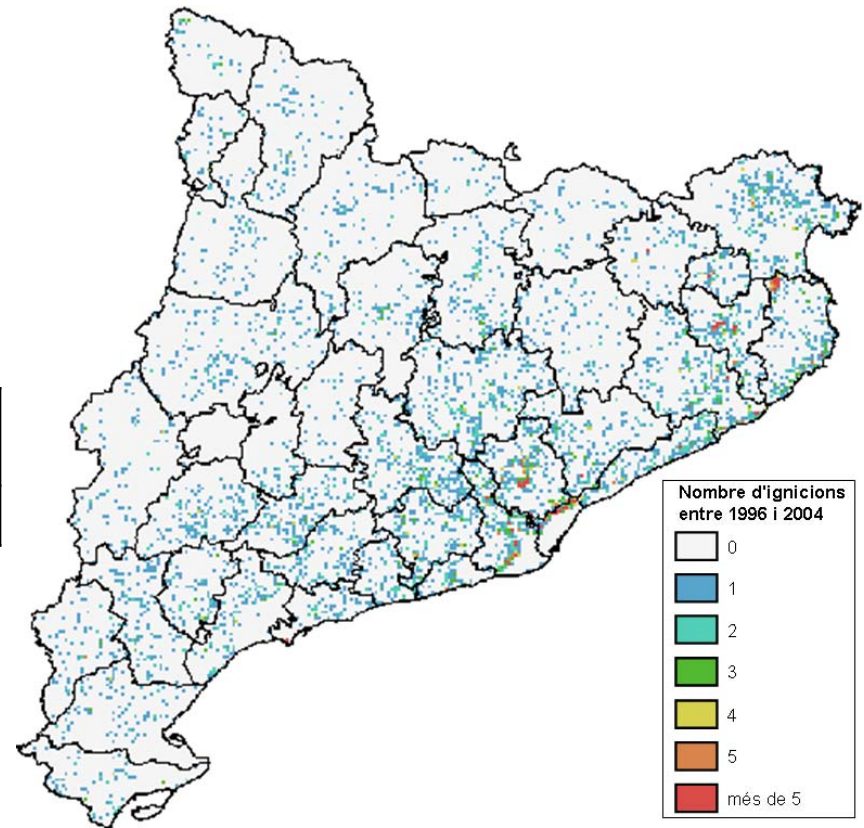
Les zones de major perill són aquelles amb un elevat contingut de material fi susceptible de cremar i composades per espècies molt inflamables



# Freqüència d'ignicions

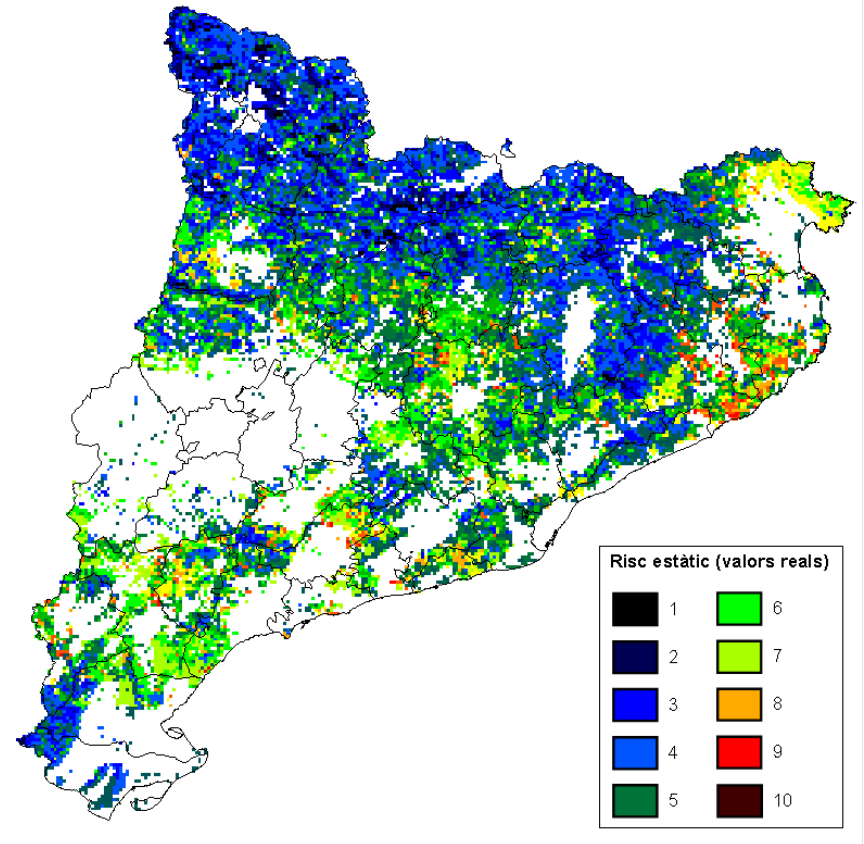
La capa d'ignicions es reclassifica segons els següents valors:

|                                        |     |     |      |       |       |
|----------------------------------------|-----|-----|------|-------|-------|
| Nombre d'ignicions per km <sup>2</sup> | 0   | 1-6 | 6-12 | 12-18 | 18-36 |
| Valor de perill                        | 0,0 | 2,5 | 5,0  | 7,5   | 10,0  |



# Mapa de perill estàtic d'incendi forestal

Les tres capes del grau de perill segons orografia, vegetació, i ignicions es combinen entre elles segons la fórmula:

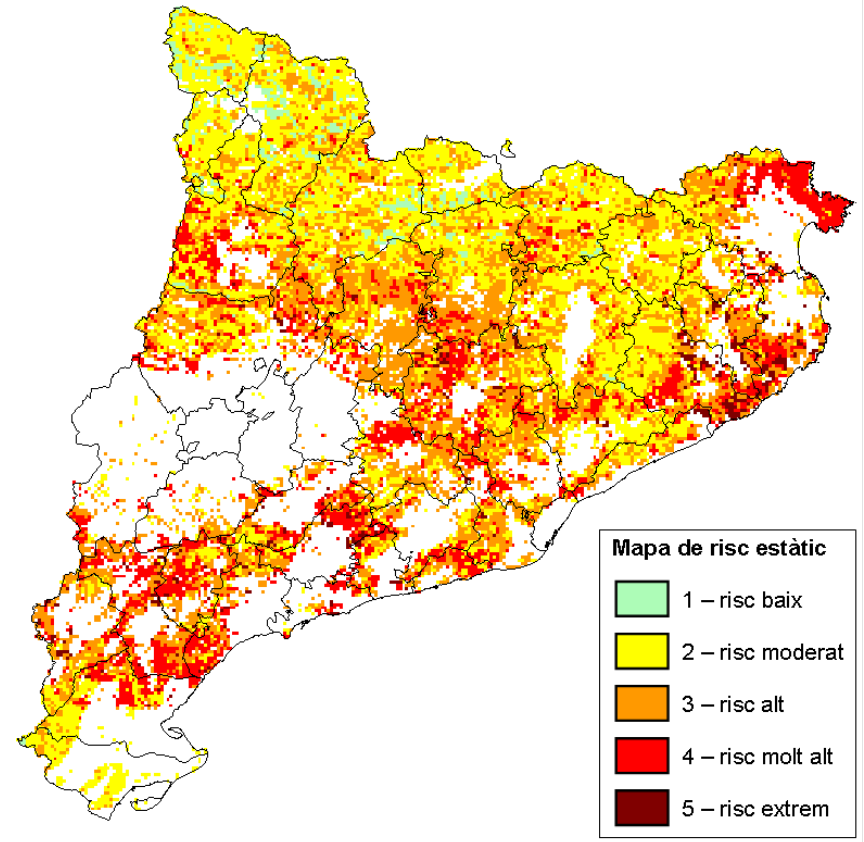


$$\text{PERILL} = 0,4 \times \text{OROGRAFIA} + 0,5 \times \text{VEGETACIÓ} + 0,1 \times \text{IGNICIONS}$$

# Mapa de perill estàtic d'incendi forestal

- Els valors del grau de perill estàtic es reclassifiquen a un índex de tipus sencer de l'1 al 5 segons els següents valors:

De 0 a 2.0 --> 1 - baix  
De 2.1 a 4.0 --> 2 - moderat  
De 4.1 a 6.0 --> 3 - alt  
De 6.1 a 8.0 --> 4 - molt alt  
De 8.1 a 10.1 --> 5 - extrem



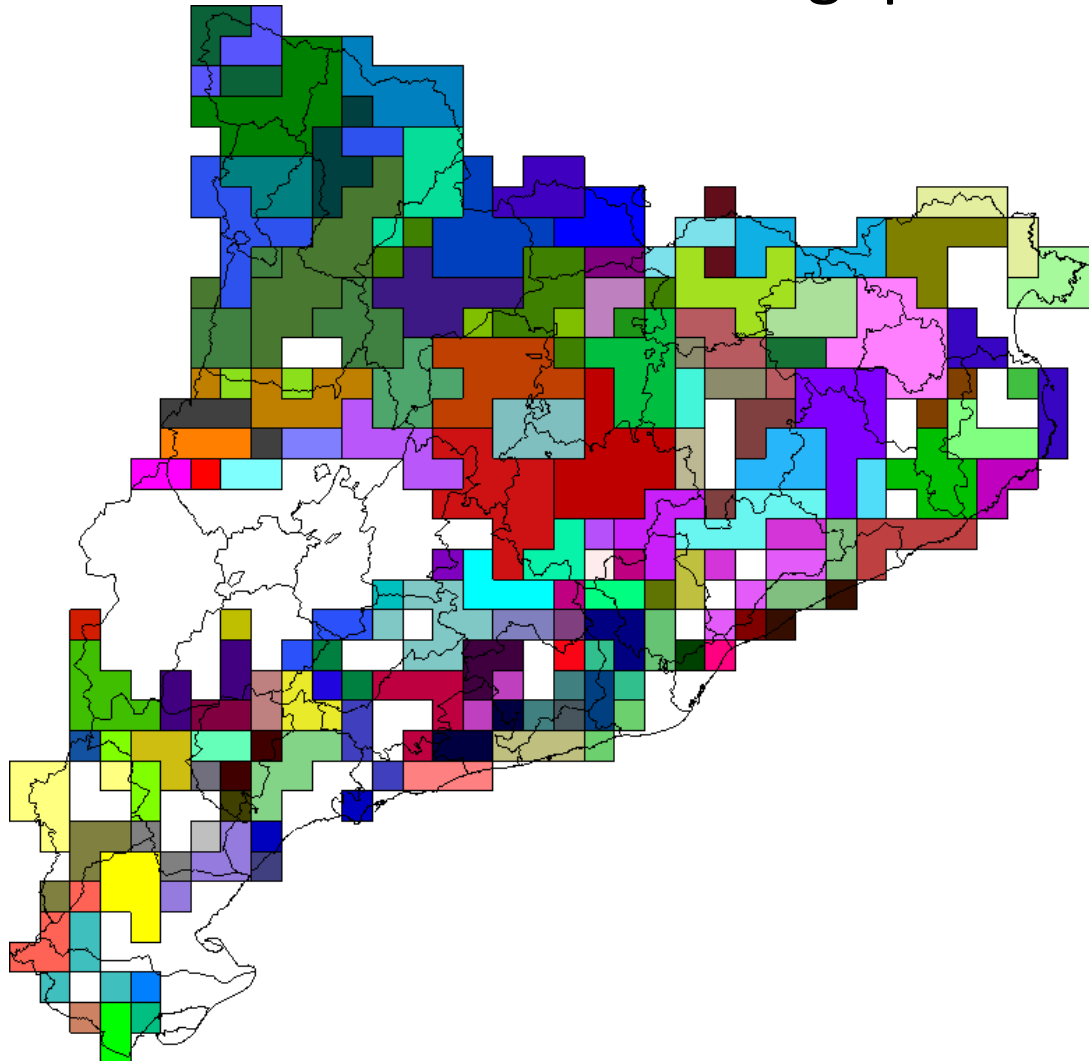


## Mapa de perill meteorològic (dinàmic)

Variabls amb més influència perquè es produeixi un incendi:

- Humitat relativa
- Velocitat del vent
- Humitat del sòl
- Precipitació acumulada al sòl
- Radiació solar
- Índex fenològic

# Àmbits d'influència de les diferents estacions meteorològiques de la xarxa



## Codi de l'estació principal

|       |        |         |       |       |
|-------|--------|---------|-------|-------|
| AEDAS | CAMAR  | GALEF   | MOSEC | SANPE |
| AEODE | CAMBR  | GARRA   | MROIG | SANSA |
| ALCAN | CANAL  | GIRON   | MUNTA | SANTU |
| ALDOV | CANOS  | GISNY   | NURIA | SASSE |
| ALGER | CASSA  | GRANA   | OLIAN | SCQUE |
| ALMEN | CASTE  | GURB    | OLIOL | SEGUR |
| ALSET | CBAGE  | HORTSJ  | OLOT  | SEROS |
| AMPÓS | CDARÓ  | HOSTA   | ORNYA | SETCA |
| ANGLE | CERTA  | ISONA   | ORTBO | SLLSA |
| ARISS | CERVE  | LAGRA   | ORÍS  | SPSEG |
| ASCOR | CLARI  | LAMET   | PARCT | SUERT |
| AVELL | CNAQ   | LAQUA   | PERAF | TORRE |
| BADAL | COMTE  | LAROD   | PEREL | TROJA |
| BALAG | CORRE  | LASEU   | PERER | ULLDE |
| BALDO | CUNIT  | LLADU   | PINOS | VALLI |
| BALEM | DEMEI  | MAJAL   | PORTS | VDBAS |
| BANYO | DEMOL  | MALNIU  | PRADE | VIELH |
| BARRA | DIMES  | MAMAR   | RELLI | VILAD |
| BATEA | DIOLA  | MARIM   | RIBAR | VILOM |
| BENIS | ELVEN  | MARTI   | RIUCO | VIMAR |
| BISBA | ESPOT  | MASBA   | RIUDA | VINEB |
| BOITA | FABRA  | MASBARB | RIUDO | VIONY |
| BONAI | FALSET | MASBO   | ROSES | VLADR |
| CABAN | FALST  | MOLLO   | SABAD | VVALL |
| CABRI | FONTR  | MONTE   | SADUR |       |
| CADIN | FRANC  | MONTS   | SALOR |       |

## Estima de la probabilitat d'incendi segons les variables meteorològiques (dinàmiques)

La relació entre aquestes variables i la probabilitat d'incendi s'ha establert mitjançant una regressió logística o logit.

La regressió logística o logit segueix la següent fórmula:

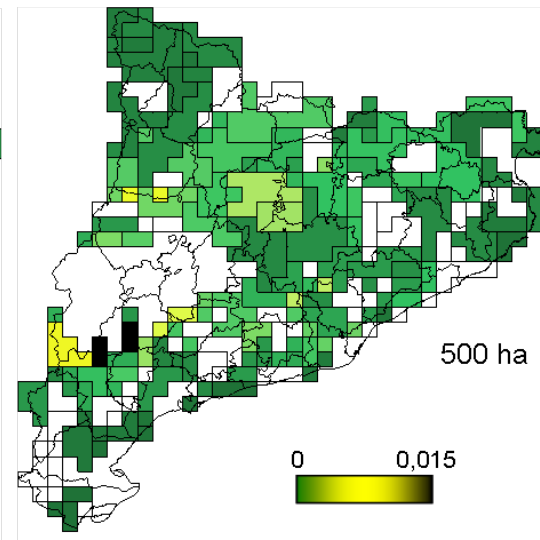
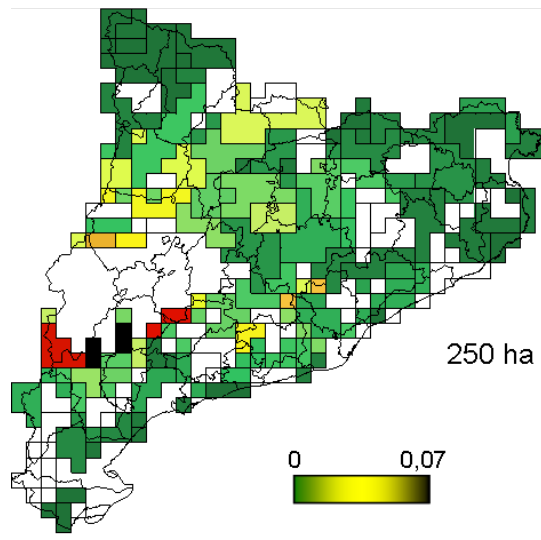
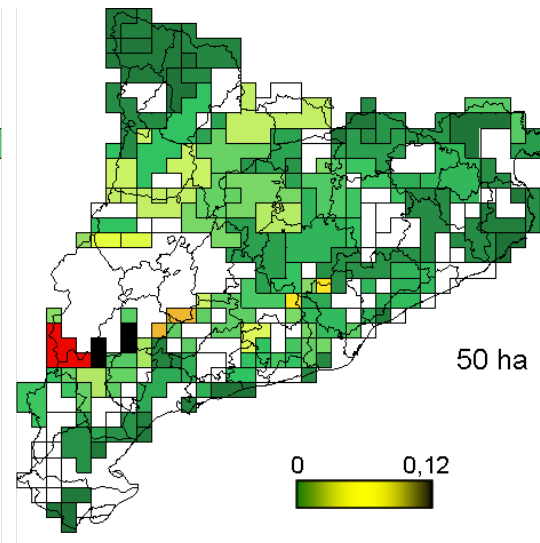
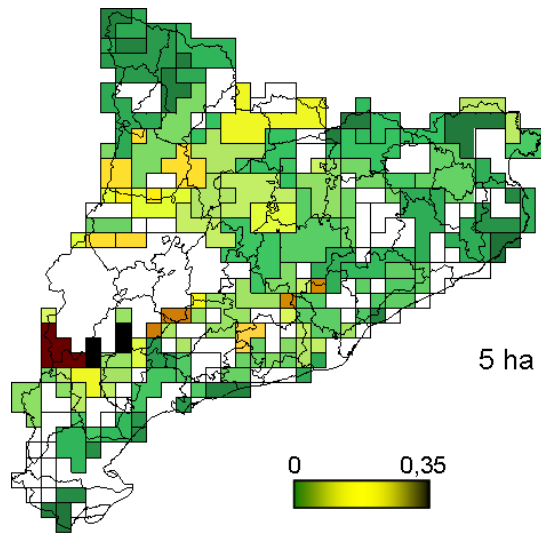
$$f(z) = 1 / (1 + e^{-z})$$

on  $z$  pren la forma  $a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$

i on  $a_0, a_1, \dots, a_n$  són els coeficients i  $X_1, X_2, \dots, X_n$  són les variables meteorològiques.

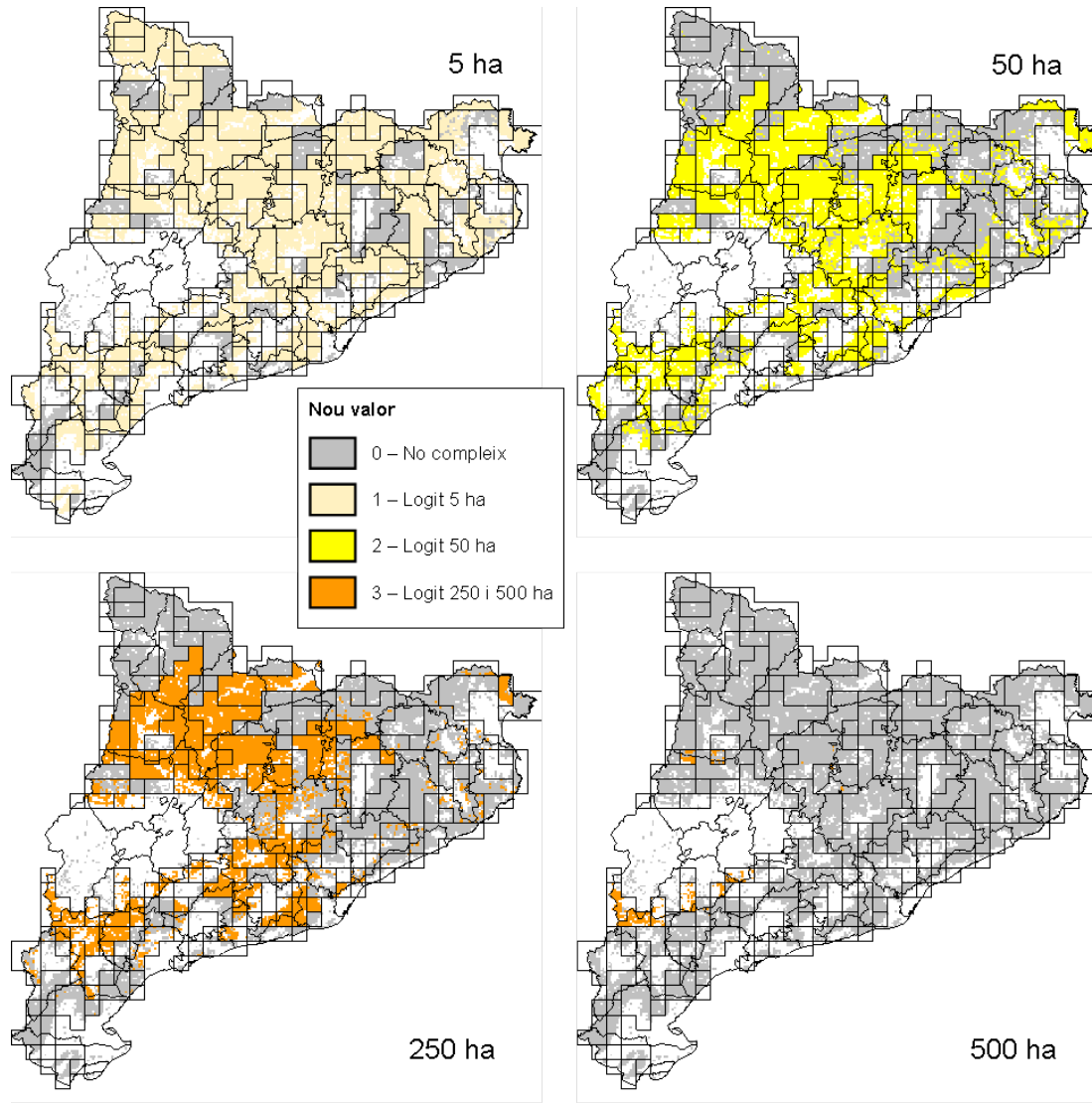
A partir de l'anàlisi de l'històric d'incendis, es contempla la probabilitat que es produeixi un incendi de diferents superfícies afectades: 5 ha, 50 ha, 250 ha i 500 ha

# Probabilitat d'incendi de 5, 50, 250, i 500 ha, per a cada àmbit d'influència de les estacions meteorològiques



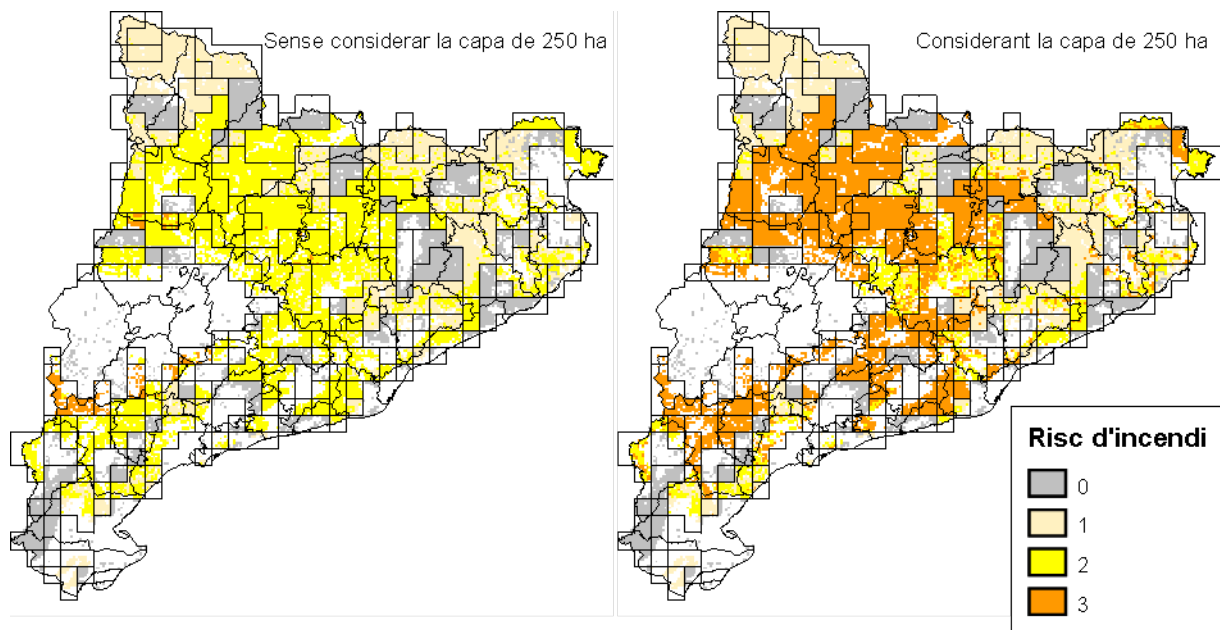
# Mapes de perill d'incendi de 5, 50, 250 i 500 hectàrees a partir de la regressió logística genèrica

01/05/2005



# Mapes de perill d'incendi degut a les variables meteorològiques

01/05/2005



# Processos BATCH

- Tots els processos es realitzen mitjançant arxius de processament per lots, coneguts com a arxius BATCH.
- Contenen un conjunt de comandes DOS. Quan s'executa aquest arxiu, les comandes contingudes són executades en grup, de forma seqüencial, permetent automatitzar diverses feines.

EXAMPLE: Processament de les capes de base d'altitud, orientació i pendent.

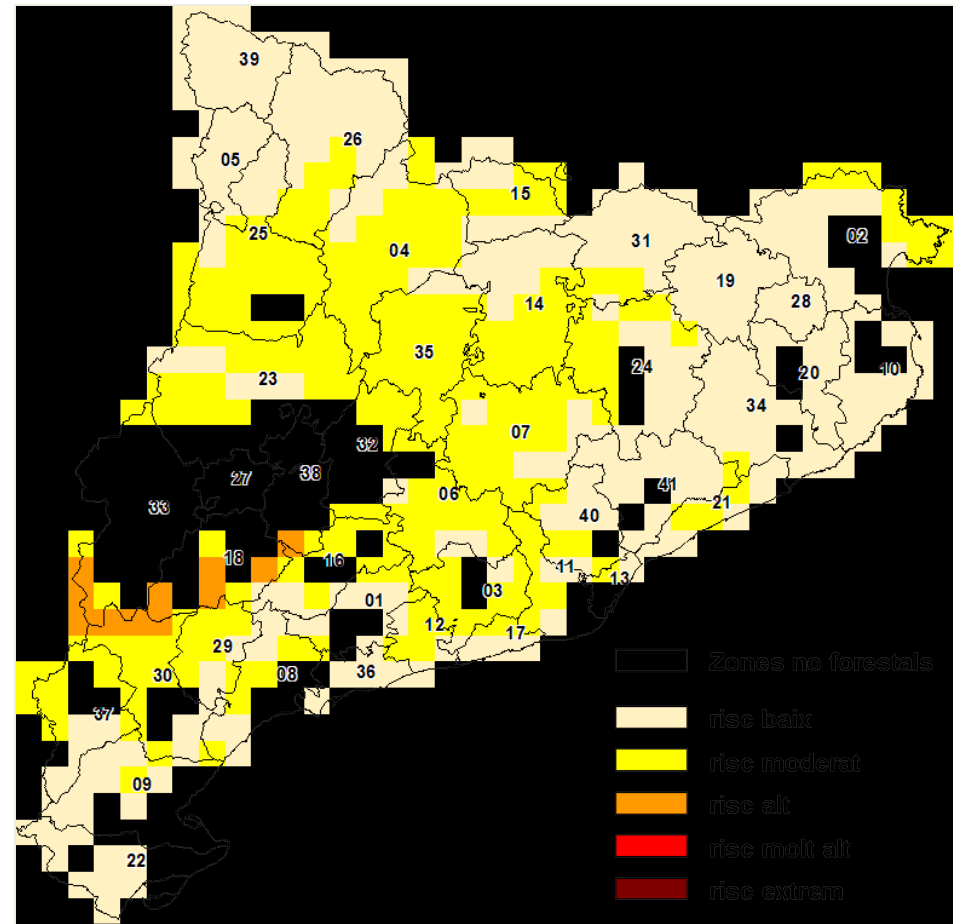
```
REM *** OROGRAFIA ***
CalcIMG VIS_Altitud.MMC
CanviRel 1 ..\Estatic\Taller\rec_MDAltitudI.rel ATTRIBUTE_DATA:1 IndexsJoinTaula "1_1_INTERVALS_DBF"
CanviRel 1 ..\Estatic\Taller\rec_MDAltitudI.rel ATTRIBUTE_DATA:1 JoinTaula_1_1_INTERVALS_DBF "1_1_INTERVALS_DBF"
CanviRel 1 ..\Estatic\Taller\rec_MDAltitudI.rel TAULA_1_1_INTERVALS_DBF NomFitxer "..\..\Tesaures\Int_Altitud.rel"
COPY ..\Estatic\Taller\rec_MDAltitudI.rel + VisuIntervals.txt ..\Estatic\Taller\rec_MDAltitudI.rel

CalcIMG VIS_Orientacio.MMC
CanviRel 1 ..\Estatic\Taller\rec_MDOrientacioI.rel ATTRIBUTE_DATA:1 IndexsJoinTaula "1_1_INTERVALS_DBF"
CanviRel 1 ..\Estatic\Taller\rec_MDOrientacioI.rel ATTRIBUTE_DATA:1 JoinTaula_1_1_INTERVALS_DBF "1_1_INTERVALS_DBF"
CanviRel 1 ..\Estatic\Taller\rec_MDOrientacioI.rel TAULA_1_1_INTERVALS_DBF NomFitxer
"..\..\Tesaures\Int_Orientacio.rel"
COPY ..\Estatic\Taller\rec_MDOrientacioI.rel + VisuIntervals.txt ..\Estatic\Taller\rec_MDOrientacioI.rel

CalcIMG VIS_Pendent.MMC
CanviRel 1 ..\Estatic\Taller\rec_MDPendentI.rel ATTRIBUTE_DATA:1 IndexsJoinTaula "1_1_INTERVALS_DBF"
CanviRel 1 ..\Estatic\Taller\rec_MDPendentI.rel ATTRIBUTE_DATA:1 JoinTaula_1_1_INTERVALS_DBF "1_1_INTERVALS_DBF"
CanviRel 1 ..\Estatic\Taller\rec_MDPendentI.rel TAULA_1_1_INTERVALS_DBF NomFitxer "..\..\Tesaures\Int_Pendent.rel"
COPY ..\Estatic\Taller\rec_MDPendentI.rel + VisuIntervals.txt ..\Estatic\Taller\rec_MDPendentI.rel
```

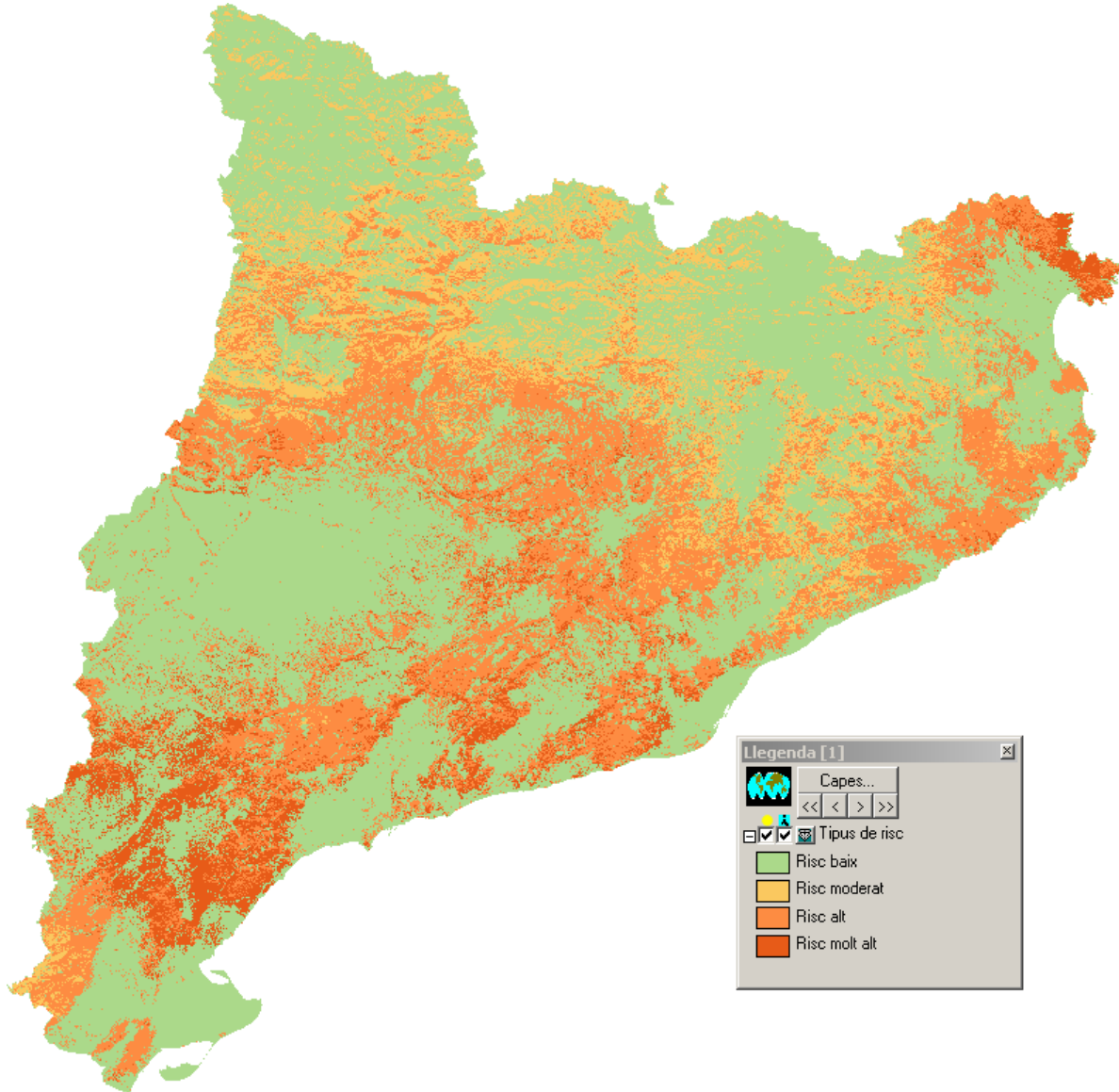
# Edició del mapa de perill

Aquest mapa es pot editar amb el mòdul “Edició d’atributs de vector” del SIG MiraMon i finalment es rasteritza per publicar-lo al web de la Generalitat.





# El nou Mapa de perill bàsic d'incendi forestal



Llegenda [1]

Capes...

<< < > >>

Tipus de risc

- Risc baix
- Risc moderat
- Risc alt
- Risc molt alt

# Què és el Mapa de perill bàsic?

- És el resultat de l'agrupació dels conceptes de perill d'ignició i perill de propagació.
- Perill d'ignició: la facilitat que s'iniciï un incendi forestal.
- Perill de propagació: la facilitat amb què es pot expandir un incendi.

# Quines característiques té?

- És un mapa estàtic: estima el perill d'incendi segons les característiques del territori.
- Els factors dinàmics de perill són considerats a partir de les mitjanes de les seves sèries i no conforme a situacions temporals o momentànies.
- És un mapa quantitatiu on cada punt del territori té assignat un valor de risc numèric que va del 0 al 10.
- És el resultat de la combinació analítica de les capes que representen els diferents factors que determinen el perill d'incendi.

# Quins factors es consideren? (1/4)

- Factors històrics:
  - Freqüència d'ignicions: zonifica el territori segons el nombre d'incendis que s'hi inicien.
  - Freqüència d'afectació d'ignicions: és igual al nombre d'ignicions ponderat per la superfície afectada. Localitza les zones on s'inicien els incendis que afecten més superfícies.

# Quins factors es consideren? (2/4)

- Vegetació:
  - Inflamabilitat: molt relacionada amb la composició específica de la vegetació.
  - Combustibilitat : depèn de les característiques físiques i estructurals dels combustibles forestals.

# Quins factors es consideren? (3/4)

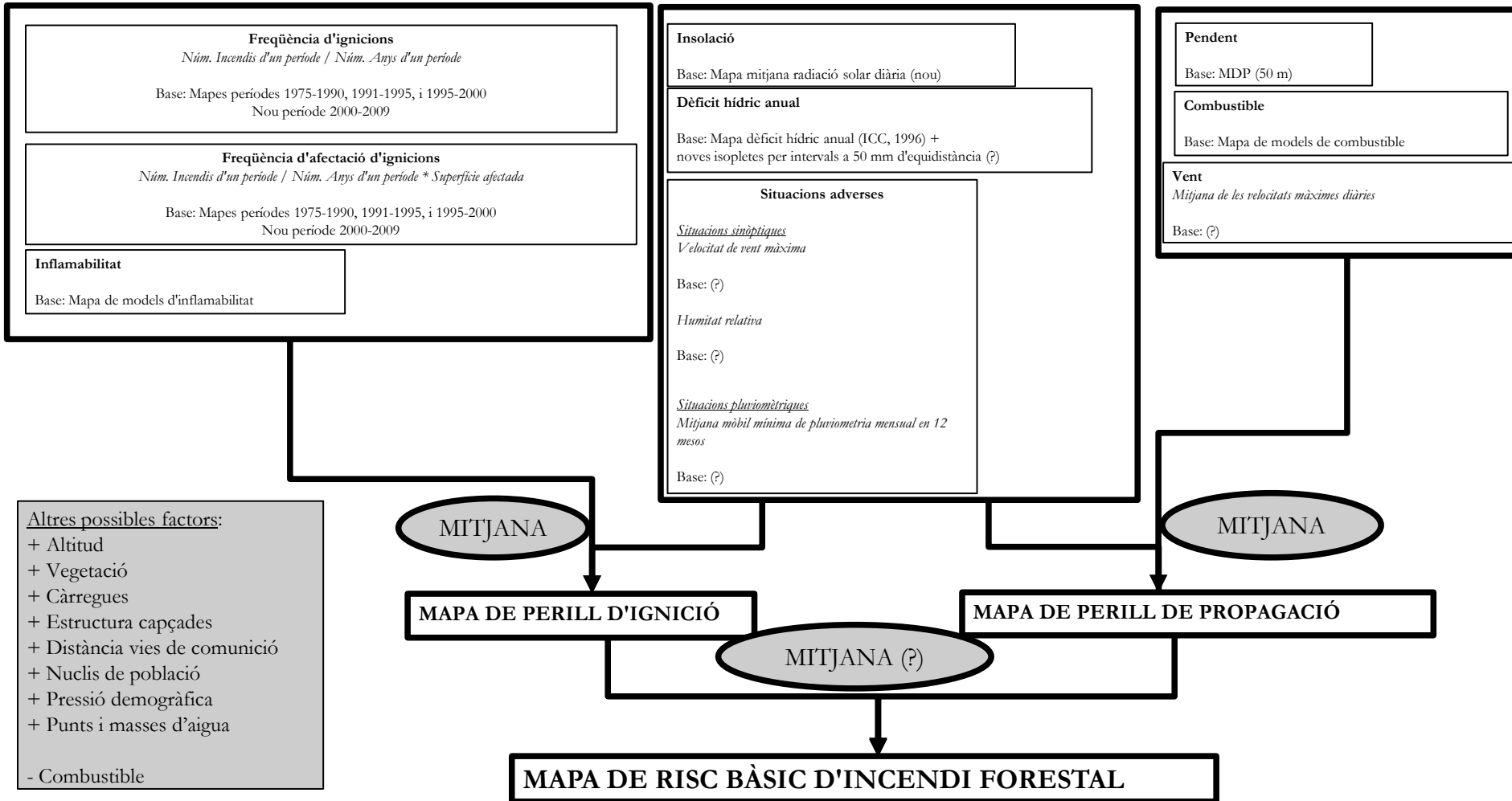
- Orogràfics:
  - Pendent: l'increment del pendent fa que l'incendi es propagui amb més velocitat per l'angle d'incidència de la flama i l'efecte dessecador de l'aire calent que ascendeix.
  - Insolació: amb l'increment de la insolació també s'incrementa la temperatura i altres factors que intervenen en el risc d'incendi.

# Quins factors es consideren? (4/4)

- Climàtics:
  - Dèficit hídric anual (DHA): Com més gran és el dèficit hídric més baix serà el contingut d'aigua de la vegetació i en conseqüència s'incrementa el risc d'incendi.
  - Vent: El vent facilita la incidència de les flames i de l'aire calent del front de foc cap a la vegetació i afavoreix la propagació de l'incendi.
  - Situacions adverses: Situacions meteorològiques sinòptiques (vent i humitat relativa) i pluviomètriques favorables als grans incendis forestals.

# ELABORACIÓ DEL MAPA DE PERILL BÀSIC D'INCENDI FORESTAL

Nota: Els mapes dels diferents factors es reclassifiquen en una mateixa escala de valors de perill (0-10), amb 50 m o 30 m de resolució.

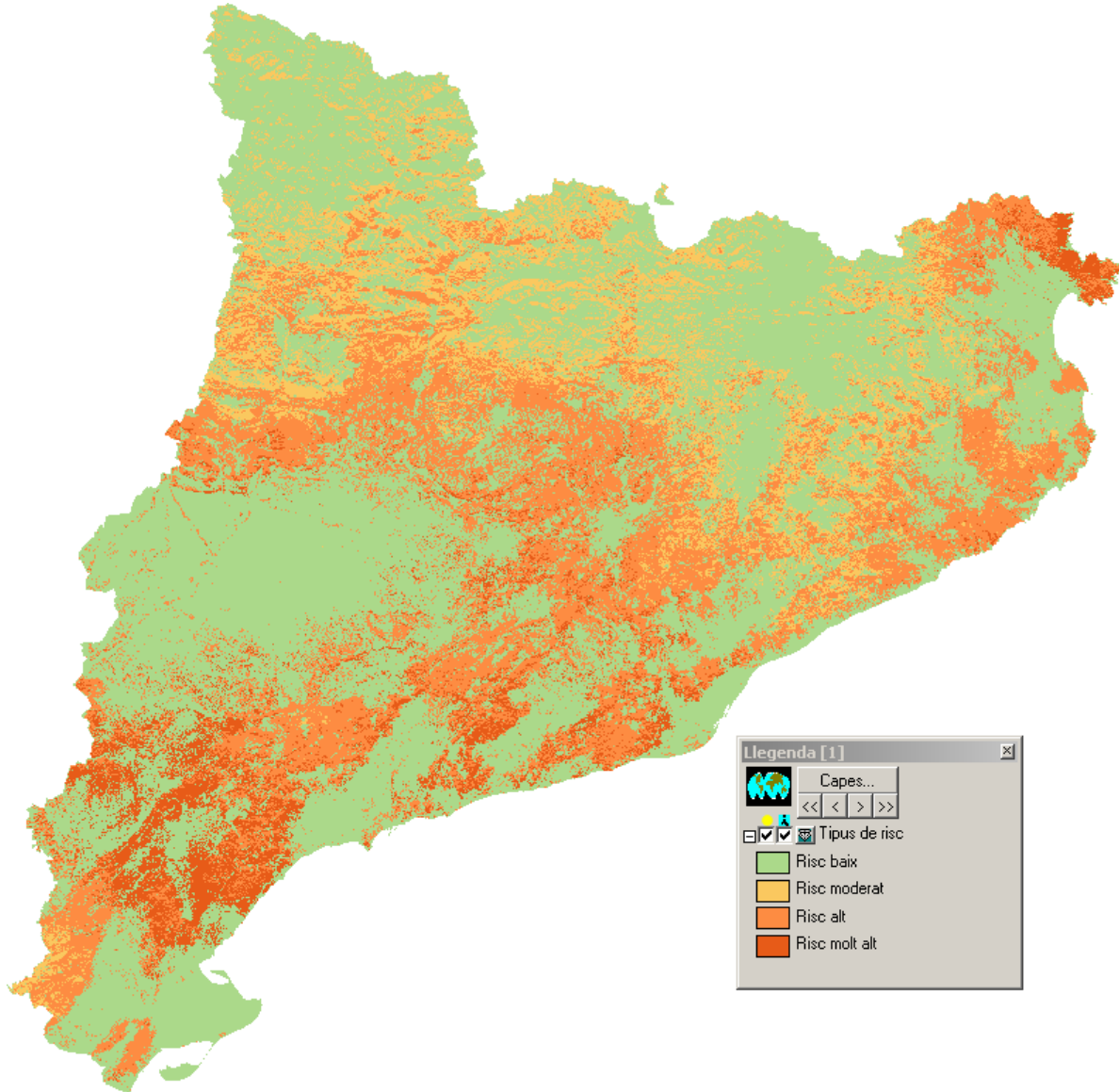




# Com es fa?

- Per integració de mapes corresponents als factors que intervenen en el perill d'incendi forestal.
- La confecció dels mapes i les operacions de combinació de capes s'han desenvolupat mitjançant un sistema d'informació geogràfica (SIG).

# El resultat



Legenda [1]

Capes...

<< < > >>

Tipus de risc

- Risc baix
- Risc moderat
- Risc alt
- Risc molt alt

# On s'aplica?

- En l'àmbit de l'ordenació i la planificació, per assolir els següents objectius:
  - establir prioritats territorials en actuacions preventives
  - racionalitzar i optimitzar les actuacions de l'administració
  - delimitar àmbits de planificació
  - delimitar àmbits d'intervenció

# Com millorar el Mapa de perill bàsic?

- Què fan els altres? Estudi de com aborden el perill una vintena d'Administracions (nacionals, regionals) i organitzacions internacionals.
- Objectiu: treballar amb el mínim grup de factors que expliquin la major part possible del perill.

**Nou Mapa de  
Perill Bàsic**



**Mapa de perill potencial  
meteorològic**

**Mapa de perill potencial  
per vegetació**

**Mapa de perill potencial  
per orografia**

**Mapa històric  
d'ignicions**

**Mapa de perill  
potencial  
meteorològic**

**Mapa de situacions  
meteorològiques  
mitjanes**

**Mapa de situacions  
meteorològiques  
extremes**

**Mapa d'ocurrència  
sinòptica**

**Mapa d'índex  
meteorològic de  
superfície**

**Mapa de  
pluviositat  
mensual**

**Mapa de perill  
potencial per  
vegetació**

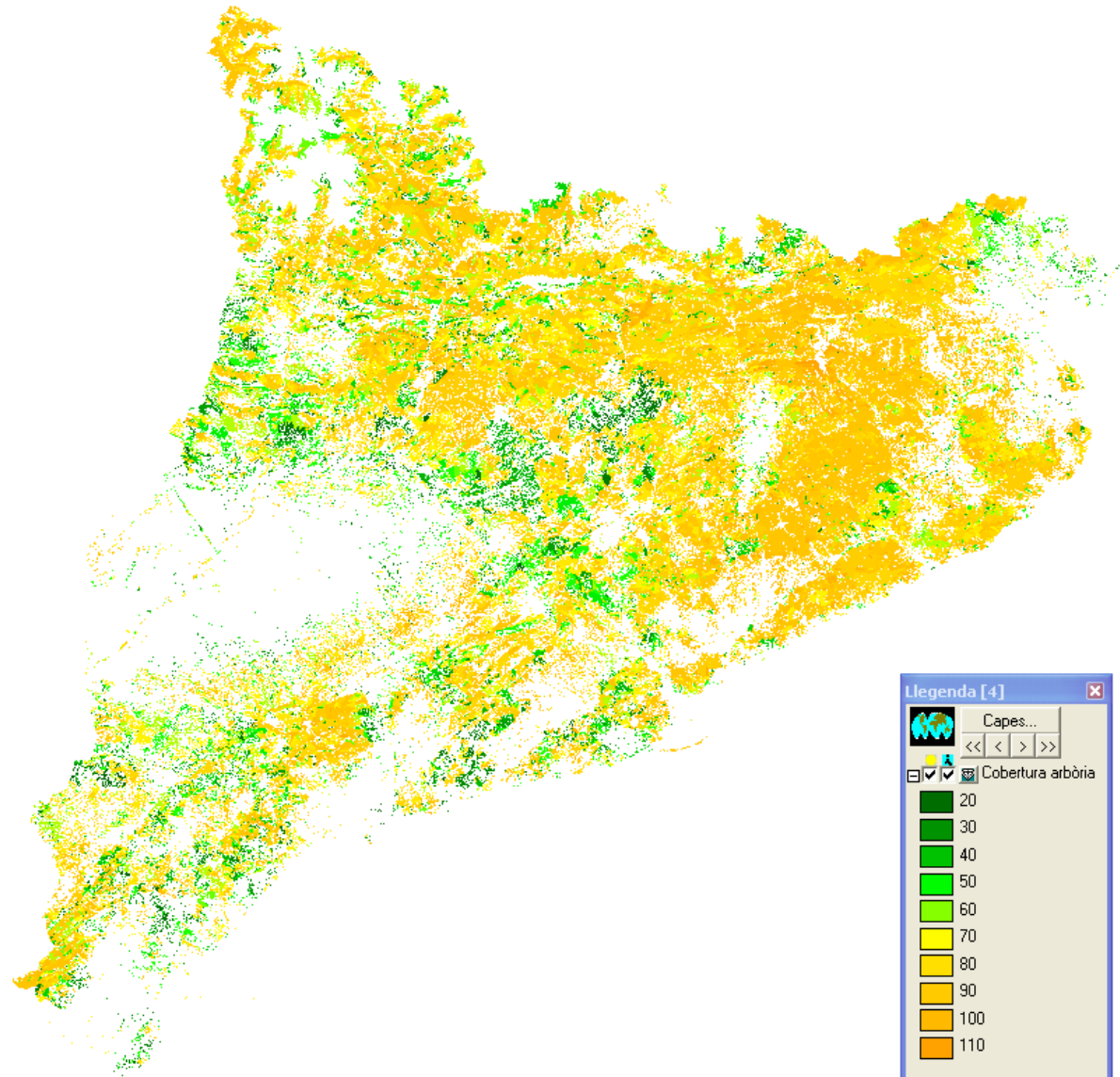
**Mapa de càrregues**

**Mapa de cobertura  
arbòria**

**Mapes  
d'inflamabilitat i  
combustible**

# Mapa de cobertura arbòria

Extensió de FCC del  
Mapa forestal  
d'Espanya sobre els  
bosc de l'MCSC-4



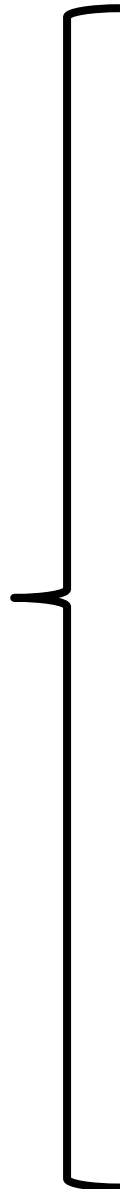


**Mapa de perill  
potencial per  
orografia**

**Mapa de relleu**

**Mapa de  
continuïtat**

**Mapes d'altitud**



# Mapa de continuitat

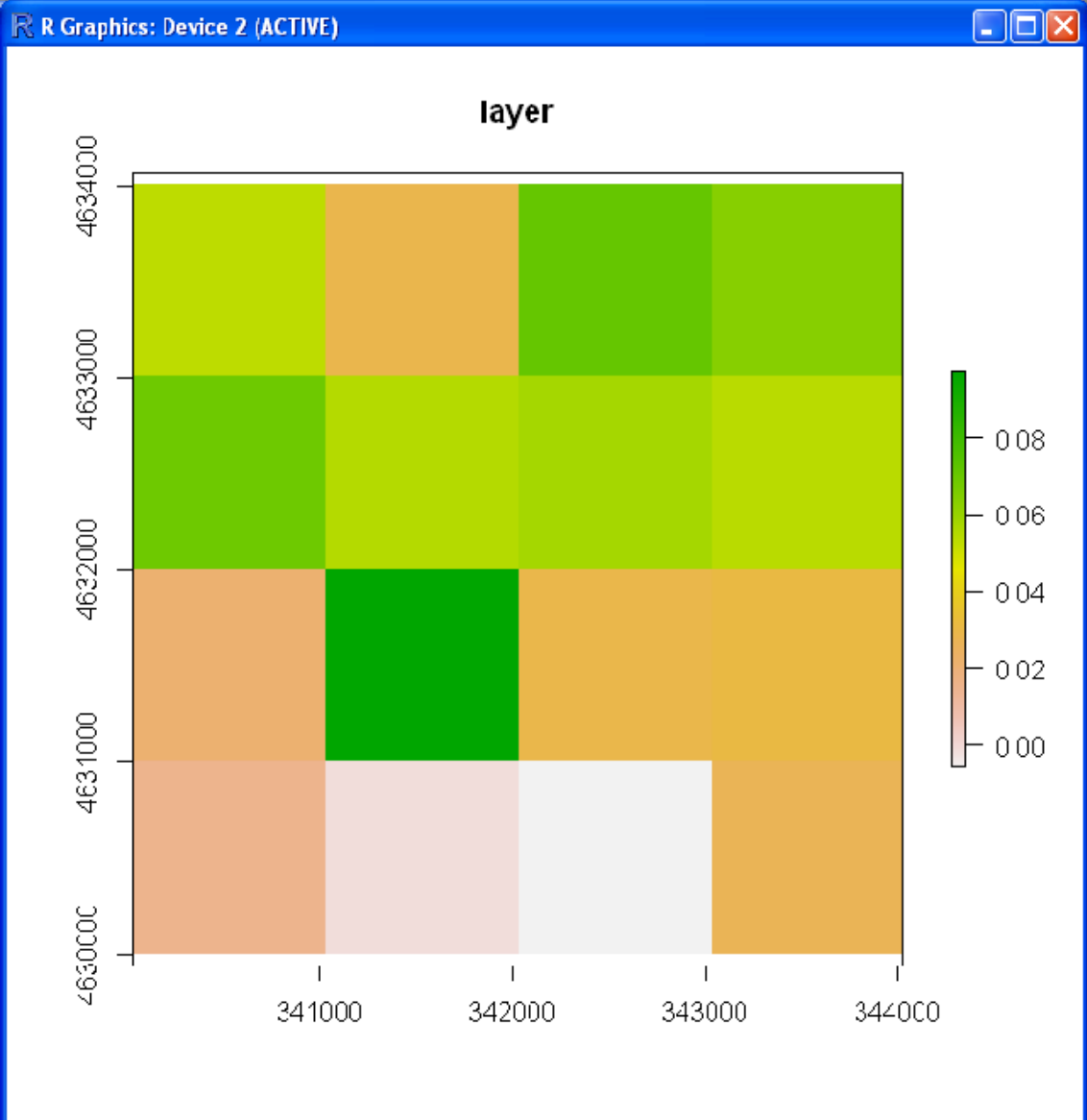
| Completely separated pattern : Moran's I = +1 |   |   | Evenly spaced pattern: Moran's I = -1 |   |   |
|-----------------------------------------------|---|---|---------------------------------------|---|---|
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |
| 1                                             | 1 | 1 | 0                                     | 0 | 0 |

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |

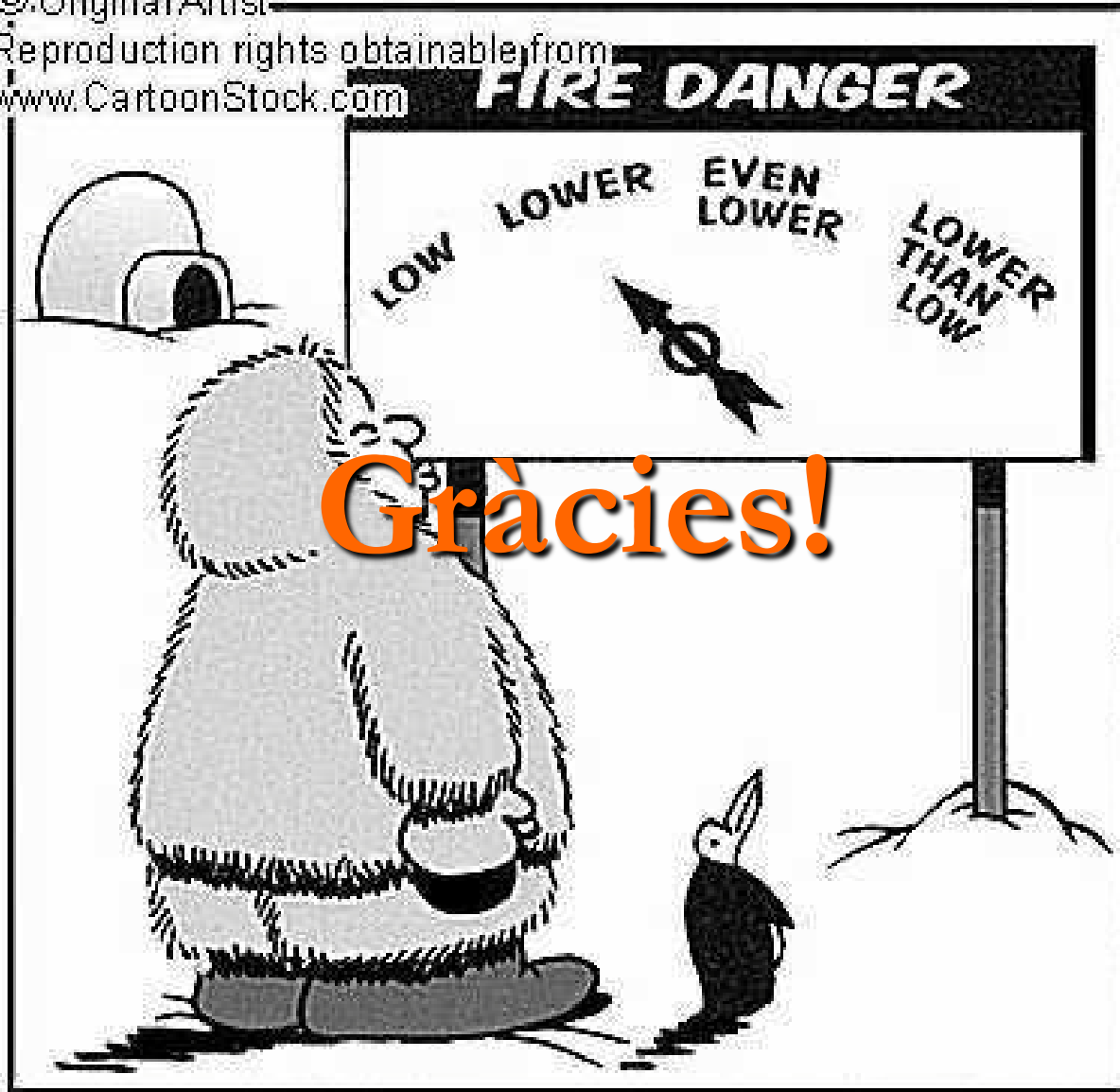
Random pattern: Moran's I = 0

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

# Mapa de continuitat



©.Original Artist  
Reproduction rights obtainable from  
[www.CartoonStock.com](http://www.CartoonStock.com)



Gràcies!

search ID: mly0766