
This is the **published version** of the bachelor thesis:

Palenzuela Siles, Guillem; Cortés Fité, Ana, dir. Un incendi de sisena generació podria cremar tot Collserola en 8 hores: ho comprovem?. 2022. (958 Enginyeria Informàtica)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/264142>

under the terms of the  license

Un incendi de sisena generació podria cremar tot Collserola en 8 hores: ho comprovem?

Guillem Palenzuela Siles

Resum– Treball dedicat a analitzar els incendis de sisena generació, capaços de produir grans catàstrofes. Es generaran eines automàtiques per poder generar hipotètics incendis amb dades diferents i poder-los validar automàticament segons la superfície que han cremat de la zona objectiva. Recollint totes les simulacions es podrà comprovar i validar si realment es pot cremar Collserola en vuit hores. També s'analitzaran les diferents dades que recollim. I es parlarà de com s'utilitza el simulador que farem servir anomenat Farsite, el qual ens donarà els incendis i les figures geomètriques usades per la seva validació.

Paraules clau– Farsite, Qgis, Fiona, LCP, Shapely, Python, Script, OSM, Plugins, Shapefile.

Abstract– Report dedicated to analyze the sixth generation fires, capable of producing large catastrophes. A few automatismes will be generated to be able to generate fires with different data and to be able to validate them automatically according to the surface that have burned to the target area. By recalculating all the simulations, it will be possible to check and validate if Collserola can really be burned in 8 hours. The different data collected will also be analyzed. It will be discussed how to use the simulator that will serve as a basis for Farsite. Which will give us the the fires and geometric figures used in the validation.

Keywords– Farsite, Qgis, Fiona, LCP, Shapely, Python, Script, OSM, Plugins, Shapefile.



1 INTRODUCCIÓ - CONTEXT DEL TREBALL

ELS desastres naturals són problemes molt significatius per a la societat a causa de les pèrdues importants que causen cada any. Inundacions, tsunamis, huracans, terratrèmols o incendis forestals són alguns dels desastres naturals. Una bona predicció del comportament d'aquests desastres naturals és un punt crucial per a poder lluitar contra ells i poder minimitzar els costos dels danys que causen. Per tant, s'han desenvolupat models que representen el fenomen i que són capaços de proporcionar una predicció del comportament futur en cas d'emergència. El cas que ens ocupa en aquest treball són els incendis forestals. El canvi climàtic està generant situacions ambientals de sequeres perllongades i altes temperatures que són un polvorí per als anomenats incendis de sisena generació. No fa gaire, a la premsa [6], el cap

dels GRAF dels bombers de la Generalitat de Catalunya, va afirmar que aquest tipus d'incendis podria fer que el Parc de Collserola es pogués cremar en tan sols 8 hores. Donada aquesta afirmació, l'objectiu d'aquest treball és estudiar i analitzar si aquesta situació dramàtica es podria arribar a produir i sota quines condicions. La proposta inicial del treball, consistia en validar una eina que automatitzava el procés de simulació d'un incendi i obtenció de les dades necessàries per poder fer la simulació. Aquest primer objectiu no va ser possible assolir-lo donat que la posada en marxa de l'eina va resultar ser molt més complicada del previst. Així doncs, es va reorientar l'estudi cap a l'objectiu prèviament mencionat.

¿Què són els incendis de sisena generació? Primerament hem de saber que hi ha hagut diferents generacions d'incendis. Aquestes diferents generacions d'incendis es caracteritzen per trobar-se en situacions contextuais que fan que els focs augmentin i que siguin causats per diversos motius. Per exemple, la quarta i la cinquena generació, tenen com a causalitat el moviment demogràfic. És a dir, la població comença a tenir moltes més segones residències

- E-mail de contacte: 1456492@autonoma.cat
- Menció realitzada: Enginyeria de Computadors
- Treball tutoritzat per: Ana Cortes Fite
- Curs 2021/22

en zones de camp, però, en ser gent de ciutat, no fan ús d'aquest camp. Aquestes segones residències estan situades molt a prop d'àrees forestals, i moltes d'elles no estan preparades per afrontar un incendi. Tot plegat fa que no existeixi ni la neteja ni el manteniment dels camps i boscos i això provoca que d'un incendi "senzill" es pugui passar a una situació d'emergència. A més, en haver-hi persones visquent en aquests indrets, els bombers i les autoritats passen de tenir la prioritat d'extinció del foc forestal a una emergència per salvar els civils i llurs residències. Per tant, com ens podem imaginar, això causa que no es pugui anar directament a apagar el foc i, en conseqüència, s'utilitzen unes hores crucials per a salvar la població resident, la qual cosa provoca que l'incendi sigui molt més gran del que hagués sigut sense aquestes residències.

Pel que fa als incendis de sisena generació, trobarem com a causalitat el canvi climàtic. En efecte, és el canvi climàtic qui està provocant els incendis d'aquesta nova generació. Però, en què afecta el canvi climàtic als incendis? Principalment, les causes són l'augment de les temperatures, el descontrol dels vents i la cada vegada més gran sequera o manca de pluges. Considerem tots aquests fenòmens meteorològics extrems com un desequilibri climàtic. Si la temperatura augmenta, a part de fer que els boscos estiguin més secs, provoca que vegetacions que normalment no estaven apareguin per culpa del clima, provocant molt més sotabosc i fent que tot aquest sotabosc s'acumuli en grans quantitats de biomassa. Degut a aquesta biomassa qualsevol petit incendi es pot convertir ràpidament en un de gran magnitud per la capacitat que té el foc de viatjar gràcies a la fàcil combustió de la biomassa dels boscos. Per tant, en aquest treball, utilitzarem dades que avui en dia no són tan comunes, però que d'aquí a uns anys, malauradament, seran el més freqüent i normal a tenir en compte per a l'extinció d'un incendi.

1.1 Motivació i Objectius

La motivació principal ha estat la de col·laborar per a una finalitat tan important com és la millora de les eines de simulació d'incendis. És molt important poder arribar a tenir una bona eina per tal de ser capaços d'aconseguir aquell objectiu final que és la disminució de la destrucció provocada pels incendis. Per això, cal tenir una eina que simuli els incendis actuals i així poder actuar d'acord amb els resultats de les simulacions.

El propòsit del treball és poder simular adequadament incendis a Collserola per poder observar com avança el foc dins d'aquest parc natural, i, d'aquesta manera, poder prendre mesures que aconseguixin evitar els possibles incendis.

I un altre fi - de caràcter més personal- ha estat desenvolupar una eina que ajudés al grup GEFIRE per poder crear diferents arxius i simulacions automàtiques amb dades aleatòries, a més també de la validació automàtica de l'incendi. Amb aquesta eina podran indicar quin percentatge mínim donés per bo l'incendi; i les simulacions que estiguin per sobre d'aquest mínim es guardaran per poder replicar-les més tard.

1.2 Estructura

L'estructura d'aquest treball seguirà la de les simulacions de focs de FARSITE. Així doncs, hi haurà l'anàlisi dels terrenys, les dades que usarem per simular els incendis i els resultats.

2 FARSITE: SIMULADOR D'INCENDIS

S'utilitza Farsite, motor de simulacions d'incendis, per simular els incendis i Qgis, un Sistema d'Informació Geogràfica de programari lliure, que s'utilitzarà per aconseguir visualitzar tots els LCP de la zona i l'expansió del foc.

Un LPC és aquell arxiu que conté tota la informació geogràfica d'un terreny, elevació, copes d'arbre, vegetació etc. Per tant, es necessita el LPC de Collserola per poder simular l'incendi. També es fa servir un Punt d'ignició que conté les coordenades per situar-lo en el mapa de la zona.

Per utilitzar Farsite és necessiten una sèrie de arxius i dades que han de coincidir. Els arxius que es necessiten és s'introdueixen dintre d'un txt que és el de configuració amb les diferents rutes dels arxius que es faràn servir per fer la simulació i opcions de la pròpia simulació. Els arxius necessaris són:

- adjustmentFile: Per definir les velocitats de cremació.
- fuelmoisturefile: Té les dades dels fuels de la zona.
- landscapeFile: LCP de la zona que volem simular.
- weatherFile0: Fitxer amb les dades meteorològiques
- windFile0: Fitxer amb les dades de vents.
- ignitionFile: Punt d'ignició.
- shapefile: Shapefile del resultat de la simulació del incendi.

Aquest són els fitxers més importants per poder executar FARSITE. També altres punts importants són:

- Configurar les dates del incendi: Que són StartMonth, StartDay, StartHour, Start Min, i després EndMonth, EndDay EndHour, EndMin. Ens indicaran quan comença la simulació i quan acaba per tant la diferència d'aquest serà el temps de la simulació del incendi.
- Paràmetres de la simulació: enableCrownfire, linkCrownDensityAndCover, embersFromTorchingTrees, enableSpotFireGrowth, nwnsBackingROS, fireacceleration. Cada opció pot ser activada o desactivada. Ens quedarem amb l'opció "enableCrownfire" que activa la cremació de les copes d'arbres fent que l'incendi es propagui més ràpidament. Però s'ha de tenir en compte que per poder marcar aquesta opció, es necessita el fitxer de copes d'arbres que cobreixi la zona de la simulació. En el nostre cas en particular tenim el fitxer de copes d'arbre de Catalunya, per tant, poder marcar aquesta opció. I a més, cada opció que és marca fa que la simulació porti més de termes en completar-se i necessita més recursos de processament, això és un

factor important si es volen fer grans quantitats de simulacions.

Un cop és té tot configurat, ja es pot llançar la comanda per executar FARSITE, en acabar aquesta ja podrem anar al shapefile que contindrà la simulació del incendi el qual la veurem gràcies a Qgis.

3 CAS D'US: COLLSEROLA

Com s'ha comentat anteriorment la simulació del incendi serà a Collserola. Per tant, abans d'escriure codi, hem de saber què tenim entre mans i conèixer el terreny.

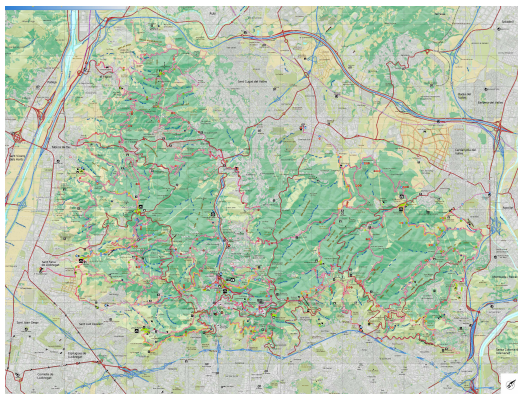


Fig. 1: Mapa de Collserola.

La carena comença, a l'oest, amb el turó de Sant Pere Màrtir (389 m alt.), separat, vers l'est, pel coll del Portell, del puig Aguilar (387 m); segueix el Tibidabo (512 m), on culmina el muntanyam, entre el coll de Vallvidrera, a l'oest, i el coll Serola, a l'est, el qual l'enllaça amb el turó de Valldaura (422 m); la cresta davalla pel coll de la Ventosa fins al turó de Roquetes (305 m), damunt el Besòs. Pel nord limita clarament amb la depressió del Vallès, mentre que al sud segueix per una successió de turons baixos (Monterols, el Puget, de can Muntaner, d'en Falcó, del Carmel, de la Rovira i de la Peira), els quals separen el pla barceloní del corredor Horta-Sarrià. El rocam és compost per un complex graníticoesquistós amb algunes llenques calcàries (turó de Montcada, Santa Creu d'Olorda), isolades entre els plecs, i una faixa metamòrfica on apareixen diverses mineralitzacions (granits, blenda, galena) d'escàs interès industrial. El clima, lleugerament més fred i humit que a la ciutat, sobretot al vessant septentrional, i amb més nevades, ambienta una vegetació de pasturatges sabanoides d'albellatge i llistó a la solana, substituïda vers els cims per màquies, garrigues i brolles; a l'obaga domina l'alzinar degradat i envaït per pi blanc alternat amb roures i diverses infiltracions de plantes centreeuropees, que tenen ací llur límit meridional.

Ara que tenim més clar com és Collserola anem a veure on serà el punt d'ignició principal. El punt es troba a la zona Oest de Collserola al sud de Sant Bartomeu de la Quadra i la Riera de Sant Bartomeu, justament al costat d'un carretera. I al nord de Can Tintorer. Rodejat de boscos.

Vaig escollir aquest lloc perquè podria ser un possible

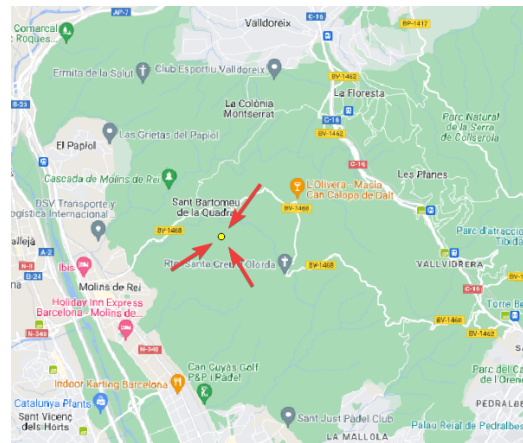


Fig. 2: Punt d'ignició.

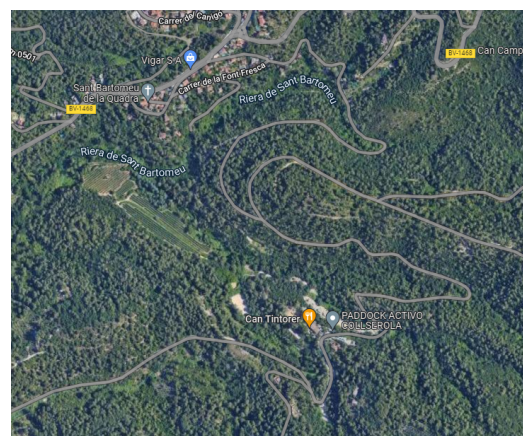


Fig. 3: Vista satèl·lit de la zona del punt d'ignició.

punt d'ignició ja que està al costat d'una carretera i de rutes de muntanyencs. Això pot comportar que els conductors puguin tirar una burilla de cigarreta i provocar un incendi. També hi ha la possibilitat que els muntanyencs llencin deixalles, que poden provocar un incendi. A més, s'ha de tenir en consideració que està en una zona bastant centrada a la meitat oest de Collserola, per tant, des d'aquesta zona és més fàcil que l'incendi abarqui més terreny que si començés pels extrems del parc natural. Òbviament també poden haver-hi causes naturals d'incendis, com la caiguda d'un llamp. Aquesta causa natural s'ha vist incrementada degut al canvi climàtic ja que en haver climes més extrem també comporten esdeveniments meteorològics més extrems, com grans tempestes elèctriques (o fins i tot les anomenades tempestes seques amb gran aparell elèctric).

D'altra banda, hi ha un total de 9 municipis molt poblats al voltant del Parc de Collserola, que són: Barcelona, Cerdanyola del Vallès, Esplugues de Llobregat, Molins de Rei, Montcada i Reixac, El Papiol, Sant Cugat del Vallès, Sant Feliu de Llobregat i Sant Just Desvern. Per tant, com podem observar en estar just al costat de Barcelona i molts més nuclis de població ens podem començar a imaginar què podria suposar un gran incendi a Collserola. Podria afectar milers de persones cremant població i tot el parc natural, el qual trigaria anys a recuperar-se.

3.1 Dades de la simulació

Les dades escollides per fer totes les simulacions han sigut analitzades i escollides gràcies al registre meteorològic de Collserola [7]. S'ha observat que el mes més calorós és l'Agost. Així doncs, utilitzarem agost com el mes de la simulació i concretament el dia vuit.

L'hora d'inici del incendi és les onze del matí, i finalitzarà a les set de la tarda. S'ha escollit aquesta franja horària degut a que són les hores més caloroses del dia. A ple estiu, a les onze del matí ja fa una calor considerable, i pujarà durant les següents hores fins el començament de la tarda on es mantindrà i després ja començarà a baixar.

L'elecció de la temperatura ha estat d'una mínima de 25° fins una màxima, poc probable a hores d'ara, de 40°; però, com podreu veure en els resultats obtinguts, no serà necessària aquesta temperatura per aconseguir el nostre objectiu. També cal puntualitzar que la temperatura màxima registrada és de 36°, els quals ja són considerables.

La direcció del vent en les simulacions és aleatori, però com hem comentat abans el punt d'ignició es troba a la part oest de Collserola. Això provoca que el millor cas possible per poder cremar tota Collserola des d'aquest punt d'ignició és que el vent vagi d'oest a est. I quan més ràpida sigui la velocitat del vent més ràpidament s'expandirà l'incendi.

Un cop analitzades totes aquestes dades del nostre cas, ja tenim suficient informació per començar a desenvolupar el script que duguï a terme la creació de les dades d'entrada i la simulació de l'incendi.

4 SIMULACIÓ

4.1 Explicació d'una simulació

He afegit dues imatges (figura 4 i 5) perquè es vegi clarament el progrés del foc dins del terreny de Collserola i també l'avenç del foc en el temps per poder explicar com funciona. Per llegir bé la figura 4 s'ha de tenir en compte una cosa molt important que són les diferents línies que hi ha. Perquè Cada línia es genera cada X temps el qual ha sigut configurat segons els ajustos; en aquest cas, d'una hora. És per això que com més separades estan les línies més ràpidament s'ha cremat la zona en aquell període de temps. I, finalment, he afegit el punt verd que representa l'origen de l'incendi i el mapa de Collserola per poder veure si ha cremat la zona i, així, poder validar la simulació.

- Vents
- Meteorologia
- Diferents ajustos com Crownfire, Torching Trees, Fire Growth.

En la figura 4, observem un mapa de colors. Aquests colors es cataloguen segons la densitat de la forestació. Menys forestació seria el color vermell fort i més forestació el blau, passant pel color verd. Per tant, es pot veure que Collserola consta de grans àrees de boscos amb molta forestació.

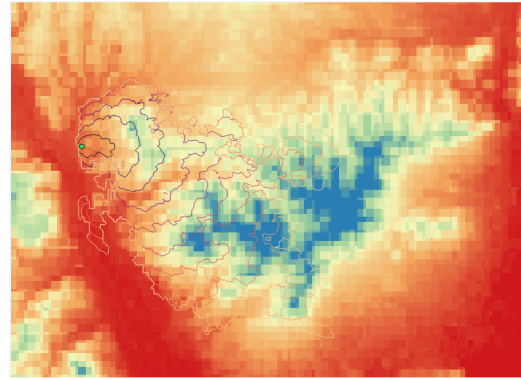


Fig. 4: Exemple d'una simulació.

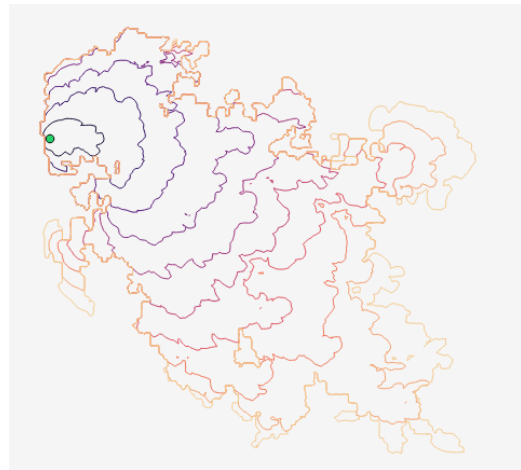


Fig. 5: Exemple de l'avenç del foc.

4.2 Fitxers per una simulació

Per poder executar una simulació es necessita utilitzar diversos fitxers que continguin les diferents dades.

Els fitxers més importants són els dels següents apartats, és a dir, els vents i la meteorologia, que són els que es modificaran més per tal d'arribar a controlar un foc.

4.3 Vents

Es podria dir que, sens dubte, els vents són un dels factors més determinants per esbrinar l'evolució d'un incendi, tant pel que fa a la potència que assolirà, com pel que fa a la direcció que pot arribar a tenir.

En la següent imatge (figura 6) podem veure les dades que indiquem per determinar el vent, que són: mes, dia, hora, velocitat, direcció i percentatge dels núvols.

4.4 Meteorologia

Un altre fitxer molt important és el de la meteorologia que afecta en gran mesura al foc. Ja que en aquest fitxer s'indica el mes, el dia, les precipitacions, l'hora de mínima temperatura, l'hora de màxima temperatura, les dues temperatures (min i max), el mateix amb la humitat, i, per últim, l'elevació per sobre del nivell del mar.

```

ENGLISH
8 10 0 1 54 0
8 10 100 2 67 0
8 10 200 2 102 0
8 10 300 1 166 0
8 10 400 3 319 0
8 10 500 4 251 0
8 10 600 3 245 0
8 10 700 2 15 0
8 10 800 4 116 0
8 10 900 6 91 0
8 10 1000 9 89 0
8 10 1100 9 96 0
    
```

Fig. 6: Fitxer de vents.

```

ENGLISH
8 10 00 600 1500 48 99 94 11 2400
8 11 00 600 1500 46 96 78 14 2400
8 12 00 600 1600 48 90 74 14 2400
8 13 00 600 1500 42 86 86 19 2400
    
```

Fig. 7: Fitxer de meteorologia.

5 SCRIPT PYTHON

En simular un incendi, com hem vist anteriorment, s’han de modificar moltes dades per veure com varia l’expansió del foc. Això em va portar a crear un script capaç de generar totes aquestes dades automàticament sense haver de generar-les manualment.

5.1 Funcionament

Per poder executar el script s’ha d’introduir els marges dels mínims i màxims de cada fitxer que volem generar. I, sobretot, cal que la data coincideixi en tot ells. També s’ha d’indicar els directoris de cada fitxer a generar. Un cop introduïdes les dades pertinents, es crida el script amb el nombre de vegades que es vol executar, i directament et crearà tots els fitxers i, a més, cridarà la comanda per executar FARSITE i poder visualitzar la simulació del foc. D’aquesta forma, tot el treball tan enrevessat que suposa canviar tots els fitxers manualment es queda enrere amb aquest script.

Tot seguit procedim a explicar la part corresponen la validació de la simulació.

5.2 Validació automàtica d’una simulació

Per fer la validació de l’incendi s’ha fet un pas previ que ha sigut la construcció d’un polígon mitjançant Qgis, fet a mà alçada. És evident que aquest polígon es pot millorar molt més per tal de ser més precís a l’hora de calcular els resultats; però pel meu objectiu ens servirà la figura 8 per poder comparar-la al foc.

Un cop generat el polígon, dintre del scrip es transforma en un objecte de la llibreria de shapely el qual ens serà de molta utilitat, com veurem a continuació. La imatge (figura 9) és d’una primera versió del polígon de Collserola utilitzada per fer les primeres proves. Un cop tenim el foc s’ha de fer el pas més complicat i és transformar a un polígon només agafant el perímetre de l’última hora de

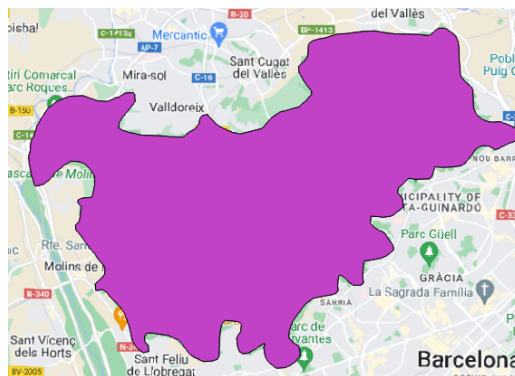


Fig. 8: Polígon de Collserola

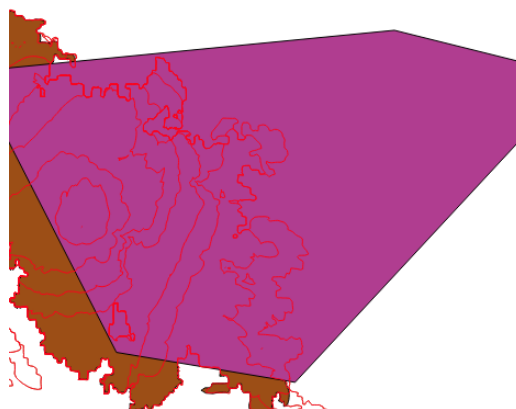


Fig. 9: Polígons de l’incendi i Collserola (primera versió del polígon).

l’incendi. En obtenir un polígon es pot operar normalment. Matemàticament, es fa la intersecció del polígon de l’incendi al de Collserola, i així aconseguir un nou polígon que només està dintre de l’àrea del de Collserola. I, finalment,

```

farsite_wf@farsite:~/Desktop/FARSITE4/TOP10/Catalunya_LCP$ python3 generationandvalidation.py 600
N_simulation: 0 Fit: 69.5612605641267
N_simulation: 1 Fit: 38.45044389339124
N_simulation: 2 Fit: 73.97669300945586
N_simulation: 3 Fit: 40.13245394369726
N_simulation: 4 Fit: 40.63142334527401
N_simulation: 5 Fit: 71.89626485752932
N_simulation: 6 Fit: 60.852431742336165
N_simulation: 7 Fit: 88.32396281889841
FOUND!
METRIC
08 08 1100 33 237 0
08 08 1200 31 243 0
08 08 1300 34 246 0
08 08 1400 19 238 0
08 08 1500 22 231 0
08 08 1600 33 248 0
08 08 1700 20 220 0
08 08 1800 25 252 0
08 08 1900 28 239 0
METRIC
08 08 0 0500 1400 26 37 1 5 237
N_simulation: 8 Fit: 37.68282823194515
N_simulation: 9 Fit: 53.73239906889539
N_simulation: 10 Fit: 44.19370961748612
N_simulation: 11 Fit: 38.020708611505476
N_simulation: 12 Fit: 40.16586885145814
N_simulation: 13 Fit: 38.693454745189705
    
```

Fig. 10: Procés de generació de simulacions i validacions..

com es veu a la fig. anterior calculem el fit, en forma percentual amb la fórmula: $\text{Fit} = 100 \cdot (\text{Àrea del polígon de la intersecció} / \text{Àrea polígon Collserola})$. Amb aquest resultat podem veure el percentatge de l'àrea total que ha cremat l'incendi generat automàticament. Dit això només s'ha de posar aquest límit d'uns 75%, i cada cop que el sobrepassa els fitxers queden guardats en una carpeta a part amb el número de la simulació més el percentatge obtingut per trobar-los d'una manera més eficient.

6 PLUGINS QGIS

Una eina que al principi desconeixia, però que ha resultat ser molt útil, són els pluguins de Qgis. Ja que els pluguins de Qgis introdueixen funcions que t'ajuden a obtenir més informació, validar dades, veure resultats i aconseguir mapes. Els pluguins que més he utilitzat són:

- QuickWKT [9]: És el que més he utilitat i més m'ha ajudat. S'usa per poder construir i visualitzar objectes geomètrics com a paràmetres d'entrada té les coordenades, ja sigui d'un polígon, un punt, una línia, etc. Aquest plugin m'ha ajudat especialment per poder validar que estigués creat bé els polígons de l'incendi i de l'àrea de Collserola. En la següent figura es veu la pestanya per poder crear els objectes geomètrics.
- OSMDownloader[10]: Aquest plugin s'utilitza per descarregar Open Street Maps, que són mapes semblants al de google maps per l'àrea on tens la teva capa de coordenades. És tan simple com arrossegar el plugin a la pantalla i et descarrega automàticament una nova capa amb el OSM.
- Freehand Editing: S'utilitza per poder crear objectes geomètrics com polígons, línies, punts, etc. Amb la mà alçada sense necessitat de fer servir les altres eines que creen línies rectes.
- Geometry Validation: Aquesta eina et valida l'objecte geomètric per saber si hi ha coordenades errònies, les errònies són aquelles que normalment has creat malament i s'ha posat un vèrtex o una zona dins de la mateixa àrea del polígon. Amb aquesta eina pots saber quins punts són els erronis i corregir-los.

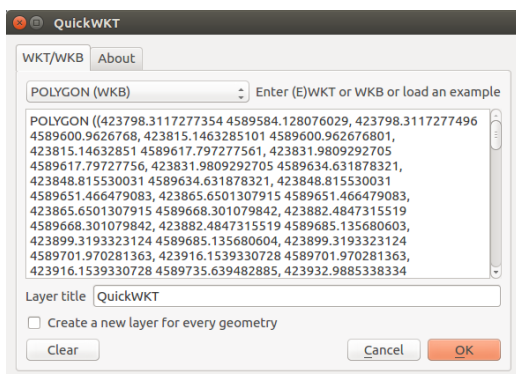


Fig. 11: QuickWKT

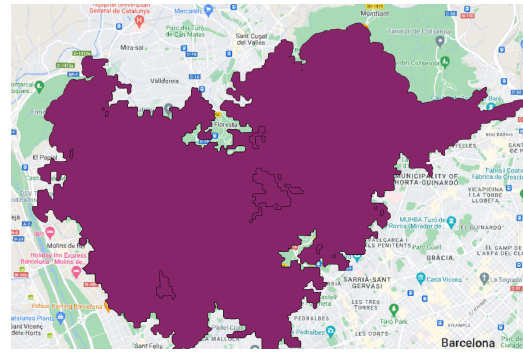


Fig. 12: Vista d'un incendi a Collserola en forma de polígon

7 RESULTATS FINALS

Com podem veure a la figura anterior hem assolit l'objectiu de cremar Collserola en 8h. El percentatge més gran que he pogut obtenir ha sigut d'un 90,91%. Les velocitats del vent oscil·lant entre 29-35m/s. I les temperatures, la mínima 27°, i la màxima 38°. Això només és un exemple, ja que amb l'ajuda del script he pogut observar que és bastant assequible poder cremar un 70-80% de l'àrea de Collserola amb dades de màxims històrics els quals, malauradament, pujaran dintre d'uns anys a causa del canvi climàtic.

A continuació veurem l'anàlisi de tres incendis. Els tres han cremat més del 86% de Collserola.

7.1 Anàlisi incendi 1

El primer cas és el d'aquest incendi que ha cremat el 90,80% de tota Collserola. Podem observar en la figura que abraça pràcticament tot el parc natural, només ha deixat algunes poques zones sense cremar de l'extrem més nord-est i nord-oest. Bàsicament, els llocs més allunyats respecte a l'origen de l'incendi, marcat amb el punt blau.

Es pot veure perfectament la direcció del vent observant de quina forma avança l'incendi. El vent bufa d'oest a est. Concretament, comença amb 224° i finalitza en 257° sempre variant dintre d'aquest marge. El vent no canvia brusquement de direcció. Ja que el script està programat per ser el més realista possible, al no tenir canvis bruscos de direcció del vent, imitant el que seria un entorn més real.

Una altra dada interessant és la temperatura: La mínima és 30° i la màxima 35°. La temperatura mínima és bastant alta i la màxima podria estar dintre del marge dels pics de qualsevol estiu calorós a Collserola.

I, per últim, les velocitats del vent, que oscil·len entre 34-20m/s. És a dir, amb grans ràfegues de vent i hores més calmades, les quals es poden apreciar en la mida de cada zona horària de la simulació.

7.2 Anàlisi Incendi 2

La simulació dos també té el mateix origen del foc, tenint cremat un 88,78%. Ja que intentem veure quines són aquelles dades que poden provocar l'incendi a tota Collserola en aquell origen. Així doncs, el vent té la mateixa direc-

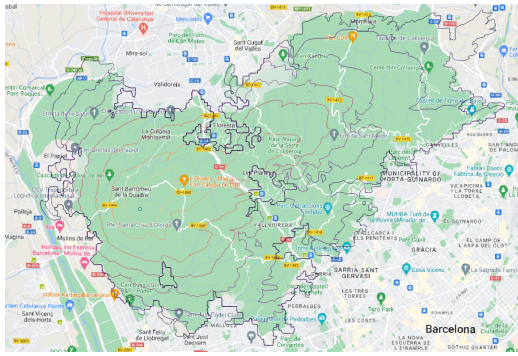


Fig. 13: Simulació Incendi 1

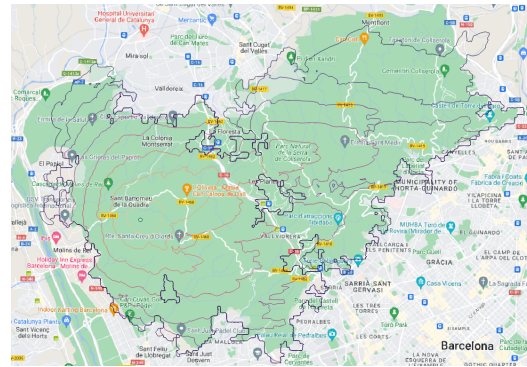


Fig. 15: Simulació Incendi 3

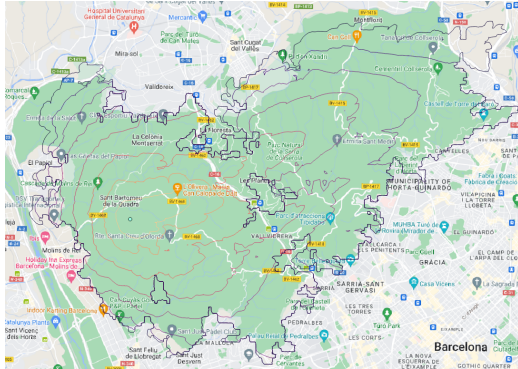


Fig. 14: Simulació incendi 2

ció (oest-ç est) que l'anterior, però comença a 251°, essent més al nord que l'anterior. Això provoca que l'incendi pugi més. La velocitat del vent en aquesta simulació de mitja és un parell de punts més alta, essent de 30m/s. Això provoca que el foc vagi més ràpidament. Pel que fa a la temperatura, la mínima és de 29° i la màxima de 35°.

7.3 Anàlisi incendi 3

Aquest incendi crema un 86.5% de Collserola. Aquest cop el vent és una mica més cap al sud, puja i baixa una altre cop. Al principi amb 239° passa per 260° i torna a 232°. Les velocitats del vent van des de 18m/s la primera hora fins a 34m/s, amb una mitja de 29.5m/s. La temperatura mínima és de 29° i la màxima 37°, la qual a hores d'ara mai s'ha arribat a assolir a Collserola, però amb el canvi climàtic possiblement s'arribi dintre de pocs anys.

Totes les simulacions no arriben a cremar els extrems, segurament si trigués una hora o dues més es podria aconseguir el 100% de terreny cremat.

7.4 Comparació i patró dels incendis

A la següent figura es veu com els vents estan sempre dintre del marge de 220° fins 265°. Aquestes direccions són les idònies per cremar tota Collserola amb aquest punt d'ignició. Podem observar que les temperatures són sempre al voltant de 30-35°, sense comptar algun cas fora del comú. Això vol dir que no és un factor tan determinant com el vent, ja que són temperatures bastant "fàcils" d'arribar. Un dels punts més complicats és mantenir les grans velocitats dels vents, però com hem parlat abans es tracta de veure

un cas futur on el canvi climàtic hagi alterat el medi ambient causant casos molt extrems amb vents molts forts, altes temperatures, o poques precipitacions, en altres casos.

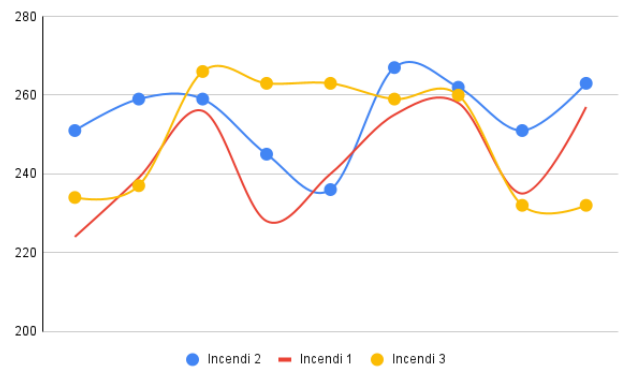


Fig. 16: Comparació de les direccions dels vents..

7.5 Reflexió

La gran reflexió que ens dona el treball és com pot afectar les nostres vides l'augment i la força d'incendis en els pròxims anys per culpa del canvi climàtic. Tot plegat esdevindria un desastre de grans proporcions humanes i naturals. Ja que si tot Collserola cremés estaria afectant milers i milers de persones que es quedarien sense casa. I ja no parlem del fet que es perdria tot un parc natural, amb la seva fauna i flora, tan rellevant pels entorns de la ciutat de Barcelona.

Per tant, és molt molt important mantenir els sotabosc sempre nets, fer fronteres naturals o tallafocs i mai deixar cap tipus de deixalles al bosc que puguin fer augmentar la possibilitat d'un incendi.

8 CONCLUSIONS

Es pot dir que s'ha arribat al desafortunat objectiu de cremar tota Collserola en 8h. Però saber-ho ara pot ajudar en un futur, gràcies al script i als programes per simular incendis, això vol dir, poder analitzar futurs incendis de generació sis en àrees importants. Sens dubte un programa de simulació com aquest ens donarà l'avantatge de saber per on avança l'incendi més ràpidament, i, així, posar-hi remei abans que passi.

Aquest treball també ens ha donat una idea del perillós que són els focs, i que, malauradament, ho poden arribar a ser molt més en un futur no massa llunyà. Ja que si s'originés un incendi com el que s'ha dut a terme en aquest treball, es posarien en perill milers de vides.

Una possible continuació per millorar les eines creades en aquest treball, és poder generar aleatòriament punts d'ignició. D'aquesta forma, podríem veure els indrets més perillosos. També seria molt convenient afegir una part de big data per guardar totes les dades i poder analitzar-les posteriorment.

AGRAÏMENTS

Gràcies a tot l'equip GFIRE.
Especialment a la meva tutora Ana Cortés, Carles Carrillo i Irene Gonzalez.

REFERÈNCIES

- [1] https://github.com/GFire-UAB/GFIRE_Orchestrator
- [2] <https://luigi.readthedocs.io/en/stable/>
- [3] <https://www.vmware.com/es.html>
- [4] https://www.ara.cat/societat/antoni-bassas-entrevista-marc-castellnou-graf-incendis-forestals_129_3033643.html
- [5] <https://betevet.cat/medi-ambient/collserola-podria-cremar-sis-hores-segons-cap-forestals-graf/>
- [6] https://www.totsantcugat.cat/actualitat/medi-ambient/jaume-llanso-incendi-pot-cremar-collserola-en-questio-hores_2165938102.html
- [7] <http://infomet.meteo.ub.edu/clima/collse/col2108.html>
- [8] <https://www.fire.org/>
- [9] <https://plugins.qgis.org/plugins/QuickWKT/>
- [10] <https://mappinggis.com/2020/02/como-descargar-datos-de-openstreetmap-con-qgis/>

APÈNDIX

1 Simulation and validation generator

```
# Author Guillem Palenzuela 2022
<guillempalenzuelasiles@gmail.com>
import os
import random
import sys
import shutil
import random
import fiona
from shapely.geometry import shape,
mapping, Polygon, MultiPolygon
import matplotlib.pyplot as plt
from shapely.ops import unary_union

# Path para generar los ficheros.

#MAIN_PATH =
"/home/guillem/Escritorio/Scripts/"
MAIN_PATH =
"/home/farsite_wf/Desktop/FARSITE4/" + \
"TOP10/Catalunya_LCP/"
WTR_PATH = MAIN_PATH + 'collserola.wtr'
WND_PATH = MAIN_PATH + 'collserola.wnd'

# Los dias de la los ficheros deben de
coincidir
# Diccionario para guardar la fecha para
la generacin
# de los diferentes ficheros.
DATE_FORMAT = {
    'month': '08',
    'day': '08',
    'hour_start': '1100', # This simulation
is from 11:00 to 19:00
    'hour_end': '1900',
}
# Maximos i minimos para los vientos
WIND_DATA = {
    'min_speed': 15,
    'max_speed': 35,
}
# Maximos i minimos para la temperatura
WEATHER_DATA = {
    't_min': 25, # T -> Tempertature
    't_max': 40,
    'h_min': 1, # H -> Humidity
    'h_max': 1,
    'precip': 0, # Precipitation
}
COMMAND_LINE = "./farsite4P -i
Settings_simulacio.txt -f4"

def main(n):
    FIT_treshold = 77
    n_simulations = int(n) # Nmero de veces
que se ejecutar la simulacin

    for simulation in range(n_simulations):
        generate_weather_file()
        generate_wind_file()
        os.system(COMMAND_LINE)
        fit = validate_simulation()
```

```
print("N_simulation:", simulation ,
"Fit:", fit)
if fit > FIT_treshold:
    print("FOUND!")
    fire_sucesfulle(simulation, fit)
    os.system("cat collserola.wnd")
    os.system("cat collserola.wtr")

def generate_weather_file():
    # Weatherfile esta compuesto por:
    # Month, Day, Precipitation,
    Hour1(min), Hour2(Max), Temp1(min),
    Temp2 (Max)
    # Month, Day, Precipitation,
    Hour1(min), Hour2(Max), Temp1(min),
    Temp2 (Max)
    # Humid1, Humid2, Elevation
    # Todos son enteros.
    month = str(DATE_FORMAT['month'])
    day = str(DATE_FORMAT['day'])
    hour_min = '0500'
    hour_max = '1400'
    space = ' '
    temp1 =
        random.randint(WEATHER_DATA['t_min'],
WEATHER_DATA['t_max'] - 10)
    temp2 = random.randint(
WEATHER_DATA['t_min'] + 10,
WEATHER_DATA['t_max'] - 3)
    # h_min =
        random.randint(WEATHER_DATA['h_min'],
WEATHER_DATA['h_max'] - 3)
    # h_max =
        random.randint(WEATHER_DATA['h_min']
+ 3, WEATHER_DATA['h_max'])
    h_max = '5'
    h_min = '1'
    precip = str(WEATHER_DATA['precip'])
    elevation = '237'
    if temp1 > temp2:
        temp2, temp1 = temp1, temp2
    # if h_min > h_max:
    # h_min, h_max = h_max, h_min
    temp1 = str(temp1)
    temp2 = str(temp2)
    # h_min = str(h_min)
    # h_max = str(h_max)
    wtr = open(WTR_PATH, "w")
    if wtr:
        os.remove(WTR_PATH)
    wtr = open(WTR_PATH, "w")
    wtr.write('METRIC' + os.linesep)
    wtr.write(month + space + day + space +
precip + space + hour_min + space +
hour_max + space +
temp1 + space + temp2 + space +
h_min + space + h_max +
space + elevation +
os.linesep)
    wtr.close()

def generate_wind_file():
    simulation_timestep = ['1100', '1200',
'1300', '1400',
```



```

        '1500', '1600',
        '1700', '1800',
        '1900'
    ]
    month = str(DATE_FORMAT['month'])
    day = str(DATE_FORMAT['day'])
    space = ' '
    cloud_cover = '0'
    WND_PATH = MAIN_PATH + 'collserola.wnd'
    wnd = open(WND_PATH, "w")
    if wnd:
        os.remove(WND_PATH) # Elimina el
            fichero
    wnd = open(WND_PATH, "w")
    wnd.write('METRIC' + os.linesep)
    main_direction = random.randint(0, 360)
    for hour in simulation_timestep:
        direction = str(random.randint(-20,
            20) + main_direction)
        speed = str(random.randint(
            WIND_DATA['min_speed'],
            WIND_DATA['max_speed']))
        wnd.write(month + space + day +
            space + hour + space + speed +
            space + direction + space +
            cloud_cover + os.linesep)
    wnd.close()

def fire_sucesfule(x, fit):
    shutil.copy2(WTR_PATH, 'reports/' +
        str(x) + '_' + str(fit) + '.wtr')
    shutil.copy2(WND_PATH, 'reports/' +
        str(x) + '_' + str(fit) + '.wnd')

def validate_simulation():
    def get_polygons(file):
        polygons = []
        for row in file:
            line = shape(row['geometry'])
            coordinates = list(line.coords)
            coordinates.append(coordinates[0])
            polygons.append(Polygon(coordinates))
        return polygons

    with
        fiona.open('/home/farsite_wf/Desktop/FARSITE4/TOP10'
            + \
            '/Catalunya_LCP/collserolapolygon.shp')
            as file_1,
        fiona.open('/home/farsite_wf/Desktop/FARSITE4/TOP10' \
            + '/Catalunya_LCP/Output/shapel0.shp')
            as file_2:
        geometric = file_1.next()
        geom = shape(geometric['geometry'])
        if geom.type == 'Polygon':
            exterior_coords =
                geom.exterior.coords[:]
            polygons_1 = []
            polygons_1.append(Polygon(exterior_coords))
            polygons_2 = get_polygons(file_2)
            max_fire_area = max(polygons_2,
                key=lambda a: a.area)
            if max_fire_area.type == 'Polygon':
                exterior_coords_fire =
                    max_fire_area.exterior.coords[:]
                polygons_2_fire = []
                    polygons_2_fire.append(Polygon(exterior_coords
            for polygon_1, polygon_2 in
                zip(polygons_1, polygons_2_fire):
                    intersect_area =
                        polygon_1.intersection(polygon_2).area
                    collserola_Area = polygon_1.area
                    sym_difference_area =
                        polygon_1.symmetric_difference(
                            polygon_2).area
                    fit = intersect_area /
                        collserola_Area

                    return fit*100

if __name__ == "__main__":
    n = sys.argv[1]
    main(n)

```