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

Cabal Cadena, Andy; Muñoz Ramírez, Francesc , dir. Estrategies urbanes 'smart' i climate-proof. 2025. 13 pag. (Grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/315751>

under the terms of the  license

ESTRATÈGIES URBANES SMART I 'CLIMATE-PROOF'

ANDY CABAL

Resum– Aquest treball parteix de la necessitat d'adaptar les ciutats als efectes del canvi climàtic des d'una mirada pràctica i integradora. M'he centrat en analitzar com les estratègies urbanes Smart i 'climate-proof' poden contribuir a millorar la qualitat ambiental i la salut urbana. A través d'un estudi de cas a la ciutat de Lleida, he identificat zones amb alts nivells de contaminació atmosfèrica i he proposat accions per reduir-ne l'impacte, com la millora de la infraestructura verda, la pacificació del trànsit i la implantació de sensors ambientals en taxis per obtenir dades en temps real. El treball també posa èmfasi en el *rewilding* com a estratègia per renaturalitzar espais urbans i reforçar la resiliència climàtica. La recerca combina eines tecnològiques, diagnosi territorial i propostes de millora amb una visió crítica i orientada a la transformació real de l'entorn urbà.

Paraules clau– Smart city, canvi climàtic, *rewilding*, contaminació atmosfèrica, espai públic, mobilitat sostenible, urbansime

Abstract– This project stems from the need to adapt cities to the impacts of climate change through a practical and integrated approach. I focus on how Smart and climate-proof urban strategies can help improve environmental quality and urban health. Through a case study in the city of Lleida, I identified areas with high levels of air pollution and proposed actions to mitigate their impact, such as enhancing green infrastructure, calming motorized traffic, and deploying environmental sensors in taxis to collect real-time data. The project also highlights *rewilding* as a strategy to renaturalize urban spaces and strengthen climate resilience. The research combines technological tools, territorial diagnosis, and improvement proposals with a critical perspective aimed at the real transformation of urban environments.

Keywords– Smart city, climate change, *rewilding*, air pollution, public space, sustainable mobility, urban planning.

1 INTRODUCCIÓ

LES CIUTATS, avui, concentren una gran part del consum energètic i de les emissions de gasos amb efecte hivernacle (GEH). De fet, es calcula que arriben a generar prop del 70% del CO₂ global. Aquestes emissions tenen conseqüències directes en l'acceleració del canvi climàtic, amb impactes que ja comencem a notar: temperatures més altes, episodis de sequera prolongada, onades de calor cada vegada més intenses i canvis en la regularitat de les pluges. Tot plegat afecta tant la disponibilitat d'aigua com la qualitat de vida a moltes zones urbanes.

Amb la previsió que més del 68% de la població mundial visqui en àrees urbanes abans del 2050, és evident que cal repensar com han de ser les ciutats. L'urbanització creix molt de pressa i, amb ella, augmenten problemes com la

contaminació de l'aire, la pèrdua d'espais verds, l'efecte illa de calor o la sobreexplotació de recursos. Aquests desequilibris tenen un impacte directe en la salut de les persones i en el funcionament dels ecosistemes urbans.

Davant d'aquest escenari, han anat guanyant pes estratègies urbanes que combinen tecnologia, ecologia i noves formes d'organització de l'espai. Es parla sovint de ciutats "smart" o "climate-proof" per descriure enfocaments que volen fer front a aquests reptes amb solucions com la infraestructura verda, la mobilitat sostenible o les tecnologies digitals aplicades a la gestió urbana.

En aquest treball m'he volgut centrar en el paper del *rewilding* urbà, una estratègia que aposta per tornar la natura a l'espai públic de manera activa i estructural. El treball també aborda com la integració d'infraestructura verda, la millora de la qualitat de l'aire i l'ús d'eines digitals poden contribuir a transformar els entorns urbans en espais més saludables, resilents i connectats amb el medi ambient [32].

- E-mail: andyjosue.cabal@autonoma.cat
- Tutor: Prof. Francesc Muñoz Ramirez. Dep. Àrea de Geografia Humana UAB. franc.munoz@uab.cat
- Curs: 2024/2025

1.1 L'aparició del concepte Smart City

La idea de *Smart City*, o ciutat intel·ligent, va començar a consolidar-se als anys noranta com una resposta als reptes urbans que ja es perfilaven: millorar l'eficiència energètica, reduir la contaminació i afrontar el canvi climàtic [22]. En un primer moment, aquest model posava l'accent en la incorporació de tecnologia a la ciutat: sensors, sistemes digitals, anàlisi massiva de dades... tot amb l'objectiu de fer més eficients serveis com el transport, la gestió de residus o el consum d'energia. Amb l'expansió d'Internet i les TIC, van començar a aparèixer exemples concrets com ciutats monitoritzades en temps real, transports automatitzats o xarxes intel·ligents d'energia (*smart grids*) [3].

Ara bé, aquest enfocament inicial va generar força crítiques. Molts projectes etiquetats com a *Smart City* han prioritzat el desenvolupament tecnològic i econòmic, deixant de banda aspectes com l'equitat social o la sostenibilitat real. En molts casos, grans empreses tecnològiques —com IBM— han promogut una visió molt tecnocràtica de la ciutat, centrada en l'eficiència però desvinculada de les necessitats socials [22].

El cas de Sidewalk Toronto n'és un exemple clar: la participació ciutadana va quedar en segon pla, i el potencial transformador del projecte va quedar limitat per una lògica massa corporativa [23]. Diversos estudis han posat sobre la taula com aquest tipus d'enfocaments poden reproduir desigualtats i excloure col·lectius vulnerables, especialment quan s'apliquen des de paradigmes neoliberals [38].

Davant d'aquestes limitacions, s'ha començat a defensar una altra manera d'entendre la ciutat intel·ligent: una ciutat més oberta, participativa i orientada a la sostenibilitat [29]. En aquest context, pren força la combinació de tecnologia i natura, buscant solucions que millorin la resiliència urbana a través de la digitalització però també de la regeneració ecològica, sempre des d'una gestió col·lectiva i inclusiva [35].

Finalment, s'han desenvolupat propostes que connecten el concepte de ciutat intel·ligent amb l'economia circular, apostant per una tecnologia que no només optimitzi processos, sinó que també redueixi la petjada ecològica i afavoreixi models de governança més horitzontals i sostenibles [26].

1.2 L'eficiència com a principi clau de la Smart City

Un dels eixos centrals del model de *Smart City* és la recerca de l'eficiència urbana. Això implica aprofitar el potencial de la tecnologia i la digitalització per fer que la ciutat funcioni d'una manera més intel·ligent: optimitzar recursos, reduir consums innecessaris i gestionar els serveis públics amb més precisió.

Aquest enfocament s'aplica a diversos àmbits de la vida urbana. En mobilitat, hi trobem sistemes que regulen el trànsit en temps real o aplicacions que faciliten l'ús compartit de vehicles, contribuint a reduir la congestió i les emissions. En l'àmbit energètic, les *smart grids* permeten ajustar la producció i el consum de forma automàtica. També hi ha iniciatives com la recollida de residus amb contenidors equipats amb sensors, el monitoratge de fuites d'aigua o la il·luminació pública que s'adapta segons l'activitat al carrer.

Tal com es mostra a la **Taula 1**, aquestes aplicacions no busquen només l'estalvi econòmic. Tenen com a objectiu reduir l'impacte ambiental, millorar el confort urbà i garantir una gestió més justa i sostenible. Per tant, dins del paradigma de ciutat intel·ligent, l'eficiència no s'hauria d'entendre com una simple qüestió de rendibilitat, sinó com una estratègia integral per fer que les ciutats siguin més habitables i responsables amb el seu entorn.

Àmbit	Exemples d'aplicació	Beneficis associats
Mobilitat	Sistemes de gestió intel·ligent del trànsit, aplicacions de mobilitat compartida, sensors de congestió	Reducció del trànsit i emissions, estalvi de temps, millora de la qualitat de l'aire
Energia	Xarxes intel·ligents (<i>smart grids</i>), panells solars connectats, edificis amb sistemes de monitoratge	Eficiència energètica, reducció de costos, autosuficiència i menys emissions de CO ₂
Residus	Contenidors amb sensors, recollida selectiva intel·ligent, rutes optimitzades	Reducció del volum de residus, optimització del servei, menor consum de combustible
Gestió de l'aigua	Xarxes de distribució intel·ligents, sensors de fuites, reutilització d'aigües grises	Estalvi d'aigua, detecció precoç d'incidències, millor gestió hídrica
Espai públic	Il·luminació LED intel·ligent, sensors ambientals, manteniment predictiu	Estalvi energètic, més seguretat i confort, ús eficient dels recursos municipals

TAULA 1: Aplicacions de l'eficiència en una Smart City. Font: Elaboració pròpia.

1.3 La tecnologia com a motor de transformació urbana

Les tecnologies digitals han esdevingut una peça clau en l'evolució de les ciutats durant els darrers anys, especialment dins del marc de les anomenades ciutats intel·ligents.

Entre les tecnologies més rellevants per a la gestió ambiental urbana, destaquen:

- **Internet de les Coses (IoT):** permet connectar dispositius urbans per recollir i compartir dades ambientals en temps real.
- **Sensors ambientals:** aparells fixos o mòbils que mesuren contaminants, temperatura o humitat i ajuden a controlar millor l'entorn.
- **Big Data i anàlisi predictiva:** eines per anticipar episodis de contaminació, optimitzar fluxos o orientar polítiques públiques.
- **Mobilitat intel·ligent:** semàfors adaptatius, sistemes de transport compartit o aplicacions que promouen itineraris amb menys impacte ambiental.
- **Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG):** útils per detectar vulnerabilitats ambientals i planificar actuacions com espais verds o corredors ecològics.
- **Plataformes digitals de participació:** canals que faciliten la implicació de la ciutadania en la presa de decisions urbanes.

Ara bé, no tot són avantatges. Diversos autors han posat sobre la taula els riscos associats a una visió excessivament

tecnocèntrica. Si la tecnologia s'aplica sense una mirada crítica, pot generar exclusió digital, incrementar desigualtats o fins i tot facilitar dinàmiques de control social [7, 19]. Per evitar-ho, cal garantir que la digitalització urbana es faci amb criteris d'equitat, accés universal i servei al bé comú.

En conjunt, la tecnologia pot esdevenir una aliada poderosa per avançar cap als Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS), especialment en aspectes com la lluita contra el canvi climàtic, la mobilitat sostenible, la salut o la participació ciutadana [27, 11]. Ara bé, per tal que tinguí un impacte real, cal integrar aquestes eines des d'una perspectiva oberta, democràtica i crítica.

1.4 De la Smart City a les estratègies 'Climate-Proof'

Amb el temps, el concepte de *Smart City* ha anat ampliant el seu abast. Ja no es parla només de digitalitzar serveis o fer-los més eficients, sinó de com la ciutat pot respondre als reptes ambientals que cada cop són més evidents. En aquest context, prenen protagonisme les anomenades estratègies *climate-proof*, pensades per reduir l'impacte del canvi climàtic i, alhora, preparar les ciutats per fer front als seus efectes. Aquest enfocament combina accions de mitigació —com la reducció d'emissions de CO₂— amb mesures d'adaptació a fenòmens extrems, reforçant així la resiliència urbana.

Diverses ciutats ja estan implementant estratègies en aquesta línia, i moltes d'elles poden servir d'inspiració per repensar l'espai urbà. Entre les més destacades hi trobem:

- **Rewilding urbà:** aposta per renaturalitzar parts de la ciutat, afavorint la biodiversitat, la creació d'hàbitats i la reducció de l'efecte illa de calor.
- **Infraestructura verda:** inclou elements com cobertes vegetals, paviments drenants o corredors ecològics, que contribueixen a regular la temperatura, gestionar millor l'aigua i millorar la qualitat ambiental.
- **Superilles i carrers compartits:** són models que posen al centre el vianant i l'espai públic, amb menys trànsit rodat i més espai per a usos socials i verds.

Aquest tipus d'estratègies ens conviden a entendre la ciutat intel·ligent des d'una mirada més àmplia i connectada amb el territori. No es tracta només d'incorporar tecnologia, sinó de repensar el disseny urbà per fer-lo més habitable, inclús i preparat per afrontar les tensions climàtiques del segle XXI.

1.5 Rewilding a les ciutats

El concepte de *rewilding*, o renaturalització, fa referència a la reintroducció de fauna i flora silvestre amb la intenció de revertir els efectes de la transformació humana sobre els ecosistemes. L'objectiu és recuperar el funcionament ecològic d'un entorn, reintroduint espècies que hi vivien antigament. Sovint es fa amb individus criats en captivitat, tot i que també s'utilitza la translocació, és a dir, traslladar espècies des de zones on encara són presents fins a indrets on han desaparegut [36].

Ara bé, quan parlem de rewilding en l'àmbit urbà no ens referim només a plantar vegetació o obrir nous parcs. Es

tracta d'anar més enllà: reconstruir sistemes ecològics complexos que puguin funcionar de manera autònoma, on la flora i la fauna colonitzin i mantinguin els espais sense una intervenció constant [6]. En definitiva, es tracta de tornar a donar espai a la natura dins la ciutat.

Els beneficis ambientals que aporta aquesta estratègia són diversos. D'una banda, incrementa la biodiversitat urbana, especialment en entorns densament construïts on aquesta és molt limitada. De l'altra, ajuda a regular la temperatura gràcies a la cobertura vegetal, l'ombra i els processos d'evapotranspiració, contribuint a reduir l'efecte illa de calor [37]. Això es tradueix en entorns urbans més agradables i frescos.

Un altre aspecte clau és la gestió de l'aigua. Substituir superfícies impermeables per sòls naturals i vegetació afavoreix l'absorció de la pluja i redueix el risc d'inundacions. Així, es millora també el cicle hídric a escala local. A més, la presència d'espais naturals de qualitat té un impacte positiu en el benestar físic i mental de les persones, sobretot en barris on l'accés a la natura és escàs [5].

Tot i aquests avantatges, cal tenir present que el rewilding urbà també planteja reptes importants. El sòl a les ciutats és un recurs molt limitat i, sovint, en competència amb altres usos com l'habitatge o les infraestructures. A més, la percepció ciutadana d'aquests espais pot ser diversa: mentre que alguns veïns valoren positivament la presència de natura "salvatge", d'altres poden veure-la com a senyal de deixadesa o inseguretat. Per això és fonamental acompanyar aquests projectes amb processos de sensibilització i participació des del principi [14].

Ciutats com Londres ja han fet passos concrets en aquesta direcció. Han recuperat trams de rius canalitzats convertint-los en corredors verds, i han creat grans espais com Hyde Park (Figura 1) que combinen natura i ús social. A més, iniciatives com el *Fons Rewild London* han apostat per restaurar hàbitats dins del teixit urbà, generant espais on la biodiversitat pot tornar a prosperar [5].



Fig. 1: Hyde Park, Londres

2 ESTAT DEL ART

Per veure com es traslladen a la realitat els conceptes de ciutat intel·ligent, *rewilding* i urbanisme *climate-proof*, és útil analitzar experiències concretes. En aquesta secció es presenten diversos casos d'estudi a escala europea que posen en pràctica aquestes idees, mostrant com el disseny urbà, la restauració ecològica i la participació ciutadana poden combinar-se de manera innovadora.

Aquests exemples permeten entendre com diferents ciutats estan afrontant els efectes del canvi climàtic i repensant els seus espais públics amb criteris de sostenibilitat, integració i resiliència.

2.1 Rotterdam i la seva gestió intel·ligent de l'aigua (SmartCity)

Rotterdam és un exemple internacional de com adaptar la ciutat als efectes del canvi climàtic mitjançant una gestió intel·ligent de l'aigua i la integració d'infraestructura verda i blava. Davant el risc d'inundacions i l'augment del nivell del mar, la ciutat ha impulsat solucions innovadores com les *Water Squares* —places que acumulen aigua de pluja, com la que es mostra a la **Figura 2**—, cobertes vegetals, habitatges flotants i corredors ecològics amb funcions hidràuliques.

Un tret distintiu del cas de Rotterdam és el paper actiu de la ciutadania i la col·laboració institucional. La resiliència climàtica no és un projecte aïllat, sinó un criteri present en tota la planificació urbana. Això ha permès crear una ciutat “waterproof”, capaç de conviure amb el risc climàtic i, al mateix temps, millorar la qualitat de vida i els espais públics [16].



Fig. 2: Water Square, Rotterdam. Font: De Urbanisten

2.2 Premis Europeus de l'Espai Públic Urbà

Des del 2000, el Premi Europeu de l'Espai Públic Urbà, impulsat pel CCCB, reconeix iniciatives que milloren la qualitat dels espais públics a les ciutats del continent. En els darrers anys, molts dels projectes finalistes o premiats han destacat per integrar estratègies de *rewilding* urbà, restauració ecològica i sostenibilitat, convertint-se en referents clars d'urbanisme *climate-proof*. Aquest enfocament posa en pràctica l'urbanisme ecosistèmic defensat per Salvador

Rueda, on natura, salut i eficiència energètica es combinen en el disseny urbà [32].

Alhora, connecta amb la visió de Jan Gehl, que reivindica un espai públic viu i centrat en les persones [15], i amb la proposta de Carlos Moreno sobre ciutats compactes, verdes i de proximitat [25].

2.2.1 Restauració de Catharijnesingel

En els darrers anys, cada vegada més ciutats europees han apostat per la recuperació d'espais públics a través d'estratègies urbanes que combinen la sostenibilitat ambiental, la mobilitat activa i el benestar social. Un dels exemples més inspiradors en aquest àmbit és la restauració del *Catharijnesingel*, a la ciutat d'Utrecht (Països Baixos), que va rebre el Premi Europeu de l'Espai Públic Urbà l'any 2022 [20]. Aquest projecte va consistir en la transformació d'una antiga via de trànsit rodat en un canal fluvial que havia estat cobert a mitjans del segle XX. Amb aquesta actuació, es va recuperar l'aigua com a element estructurador del paisatge urbà, alhora que es va renaturalitzar l'entorn i es van crear espais segurs i accessibles per a vianants i ciclistes.

Més enllà de l'impacte estètic i funcional, la intervenció s'alineja amb el concepte de ciutat *smart climate-proof*, ja que incorpora solucions basades en la natura per millorar la resiliència urbana davant els efectes del canvi climàtic, com ara les inundacions o l'illa de calor.

El cas d'Utrecht demostra que és possible redefinir l'espai públic com a eina clau per a la transició climàtica i la innovació urbana, tot generant beneficis ambientals, socials i culturals a partir d'una planificació urbana conscient, holística i connectada amb el territori (**Figura 3**).



Fig. 3: Vista aèria del canal restaurat de Catharijnesingel, Utrecht. Font: ARQA

2.2.2 Altres exemples premiats de *rewilding* urbà en el Premi Europeu de l'Espai Públic

1. **Madrid Río (Madrid, Espanya):** La transformació d'una autopista urbana (M-30) en un parc lineal al voltant del riu Manzanares va permetre recuperar un espai natural fins aleshores inaccessible. La intervenció va incloure plantacions autòctones, passos de fauna i espais verds oberts, alineats amb el concepte d'“obertura urbana” de Richard Sennett [34]. El projecte també va reconnectar barris separats per la infraestructura viària,

aportant beneficis ambientals, socials i paisatgístics [9].

2. **Parc de les Aigües (Salt, Catalunya):** Aquest espai naturalitzat prové de la rehabilitació d'una zona humida i agrícola degradada. Actualment, afavoreix la infiltració d'aigua freàtica, acull biodiversitat i actua com a refugi climàtic. El seu disseny, fet amb la participació de la comunitat local, reforça el vincle emocional amb el territori i promou l'educació ambiental, en sintonia amb les idees de Gehl [15].
3. **Île de Nantes (Nantes, França):** Aquest projecte de regeneració urbana integra la natura com a eix central. Inclou canals reoberts, corredors ecològics i espais verds multifuncionals dins del teixit urbà. És una proposta que encaixa tant amb la ciutat resilient de Rueda com amb la complexitat urbana que planteja Sennett, on la natura no és un afegit, sinó part estructural del sistema urbà [34, 32, 2].

Tots tres exemples mostren com el *rewilding* pot formar part activa del disseny urbà contemporani i ser reconegut internacionalment com una bona pràctica cap a ciutats més sostenibles i habitables.

3 MOTIVACIONS PERSONALS

Com han de ser, realment, les ciutats del futur? Podem construir espais urbans que siguin alhora sostenibles, resilient i pensats per a les persones? Aquestes preguntes han anat apareixent al llarg del meu recorregut pel grau de Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles, i han estat el punt de partida d'aquest treball. Volia explorar com la tecnologia, la natura i la ciutadania poden conviure en un mateix projecte urbà i contribuir a ciutats més vives, saludables i preparades per fer front als efectes del canvi climàtic.

Amb el temps, aprofundint en el concepte de *Smart City*, he vist que moltes aplicacions pràctiques acaben derivant en models molt tecnocràtics, amb un fort pes en l'eficiència i el creixement econòmic, però sovint desconnectats de la realitat social i ambiental [22, 38, 23]. Aquesta visió m'ha empès a buscar enfocaments més humans i equilibrats, com la ciutat de la proximitat que defensa Carlos Moreno [25], l'urbanisme ecosistèmic de Salvador Rueda [32], o les propostes de Jan Gehl, que posa la vida quotidiana al centre del disseny urbà [15].

Un dels descobriments més importants per a mi ha estat el *rewilding* urbà. Gràcies a les aportacions de Ceaușu et al. [6], vaig entendre el potencial simbòlic i ecològic que té recuperar la natura en entorns densos. A més, informes com els de C40 i Arup [5] reforcen la idea que el *rewilding* pot ser clau no només per la biodiversitat o la regulació hídrica, sinó també pel benestar físic i mental de la població [37, 35].

Una experiència que em va impactar especialment va ser la visita a Nantes. Va ser allà on vaig veure amb els meus propis ulls com una ciutat pot aplicar estratègies smart i sostenibles d'una manera integrada. Em va sorprendre veure com es connecten espais verds, canals reoberts, mobilitat suau i equipaments públics, tot generant un ambient pensat per a les persones i respectuós amb el medi ambient. Va

ser una mostra clara que aquesta transformació urbana no és només teòrica, sinó perfectament possible.

D'altra banda, la meua experiència com a tècnic en SIG ha estat fonamental per entendre com les eines territorials poden ajudar a fer realitat aquestes idees. Analitzar dades, interpretar el sòl urbà o dissenyar mapes útils per a la presa de decisions m'ha fet veure que, quan aquestes eines es posen al servei d'una governança oberta i col·laborativa, tenen un gran potencial transformador [4, 21].

Aquest TFG no pretén ser només un treball acadèmic, sinó una aportació crítica i constructiva a un urbanisme que vagi més enllà de la tecnologia i aposti per ciutats més humanes, diverses i connectades amb el seu entorn natural.

4 OBJECTIUS

Explicació dels objectius que s'han establert, tant els generals com específics.

4.1 Objectius generals

- Investigar com les estratègies urbanes Smart, 'climate-proof' i el *rewilding* poden contribuir a la creació de ciutats més sostenibles, resilient i inclusives davant del canvi climàtic.

4.2 Objectius específics

1. Analitzar la integració de la natura i la tecnologia en l'urbanisme sostenible.
2. Estudiar el paper de la mobilitat activa en la creació de ciutats sostenibles i resilient

4.3 Hipòtesis

1. Els models de ciutat intel·ligent poden contribuir significativament a la millora ambiental i l'adaptació climàtica si integren tecnologies digitals amb estratègies de transformació urbana com la infraestructura verda i el *rewilding*, capaços de regenerar ecosistemes, reduir l'impacte de les illes de calor i fomentar la biodiversitat urbana, sempre tenint en compte les característiques i necessitats del territori.

5 MARC PRÀCTIC

Aquest apartat aplica els conceptes desenvolupats al llarg del treball a un cas concret: la ciutat de Lleida. A partir de dades reals sobre la qualitat de l'aire [17] —amb especial atenció a les concentracions de NO₂, PM₁₀ i PM_{2.5}— s'han identificat les zones més exposades a la contaminació atmosfèrica.

Amb aquesta informació, s'ha fet una anàlisi contextual per entendre millor la realitat ambiental i urbana dels àmbits més afectats. S'han tingut en compte factors com la morfologia urbana, la mobilitat, la presència de verd urbà i els usos socials de l'espai públic.

A partir del diagnòstic, es plantegen propostes de millora que busquen reduir la contaminació i reforçar la capacitat d'adaptació davant del canvi climàtic. L'objectiu és contribuir a una Lleida més saludable, més sostenible i amb una planificació centrada en les persones.

5.1 Selecció de zones d'estudi

S'han seleccionat dues zones representatives de la ciutat de Lleida a partir d'un dels mapes interpolats de concentració de NO₂, corresponents al període de febrer de 2022 (Figura 4). La tria s'ha fet en funció del nivell d'exposició a la contaminació atmosfèrica causada pel trànsit rodat.

- **Zona vermella (alta concentració de NO₂):** situada a l'entorn de les avingudes amb més densitat de trànsit, concretament a l'àrea central-oest de la ciutat. Aquesta zona presenta valors de NO₂ superiors als 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, segons el mapa de la setmana del 18 al 25 de febrer. Es tracta d'un entorn amb una elevada pressió urbanística i escassa presència d'elements verds.
- **Zona blava (baixa concentració de NO₂):** localitzada majoritàriament a l'est de la ciutat, en un sector més allunyat de les grans vies de trànsit tot i que a la zona del centre històric de Lleida trobem que també hi ha un important sector. Les concentracions registrades se situen per sota dels 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, evidenciant una millor qualitat ambiental. Es tracta d'una zona més tranquil·la, amb presència de vegetació i menys densitat de vehicles.

Les zones d'estudi seràn el barri de Balàfia i el Centre Històric, per a una millor visualització d'on es troben exactament aquestes localitzacions, consultar l'Apèndix A.

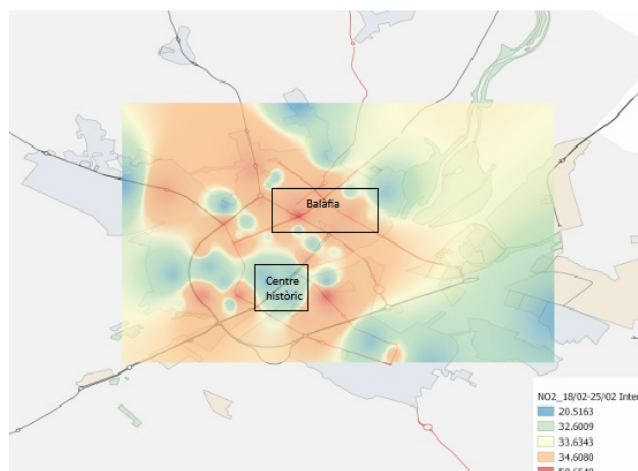


Fig. 4: Concentracions interpolades de NO₂ a la ciutat de Lleida durant els períodes 18–25 de febrer. Les zones d'estudi (Balàfia i Centre històric) enmarcades per a la seva contextualització geogràfica. Font: IDAEA-CSIC.

5.1.1 Zona 1: Balàfia

Com podem observar a la Figura 5, per aquesta zona passen les carreteres N-230 i C-12, vies convencionals que connecten amb l'autopista A-2, fet que contribueix a una Intensitat Mitjana Diària de vehicles (IMD) força elevada.

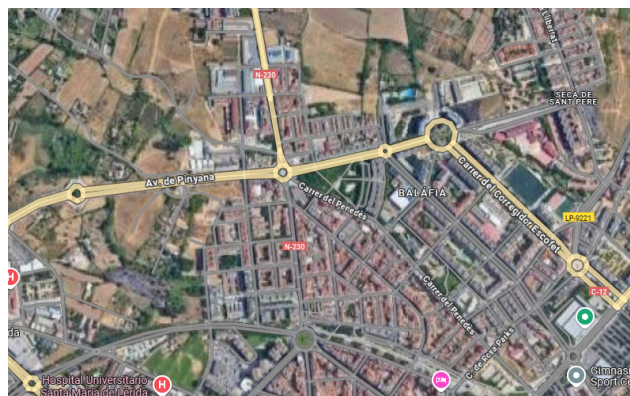


Fig. 5: Vista aèria del barri de Balàfia i voltants, a la ciutat de Lleida, on es poden observar les carreteres N-230 i C-12. Font: Google Maps

Tal com es pot veure a la Figura 6, la distribució dels sentits de circulació al barri de Balàfia permet identificar els principals fluxos de trànsit i localitzar les zones amb més densitat de vehicles. Ens permet entendre les dinàmiques de mobilitat motoritzada i detectar punts on es podrien aplicar mesures de pacificació del trànsit.



Fig. 6: Plànol dels sentits de circulació viària al barri de Balàfia. Font: Elaboració pròpia a partir de dades cartogràfiques de l'ICGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya).

La Figura 7 mostra la xarxa actual de carrils bici al barri de Balàfia. Tot i que hi ha algunes infraestructures destinades a la mobilitat activa, la xarxa presenta trams desconectats i discontinuïtats que dificulten que la bicicleta esdevingui una alternativa real i segura al vehicle privat.

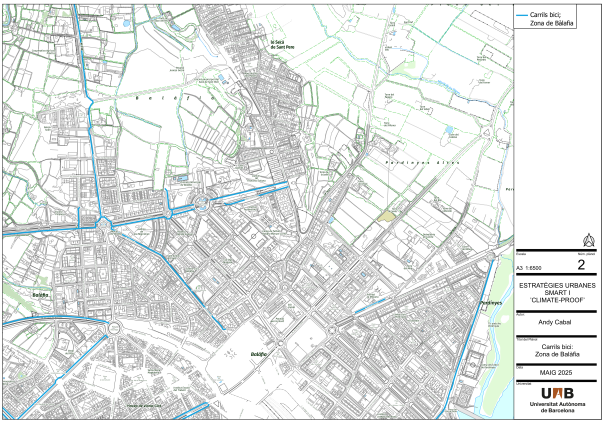


Fig. 7: Xarxa de carrils bici al barri de Balàfia. Font: Elaboració pròpia a partir de dades cartogràfiques de l'ICGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya).

Finalment, a la **Figura 8** es representa la cobertura vegetal del barri, incloent els carrers amb i sense arbrat i les zones verdes existents. Aquest plànol és fonamental per identificar desequilibris en la distribució de verd urbà i plantejar actuacions de renaturalització.

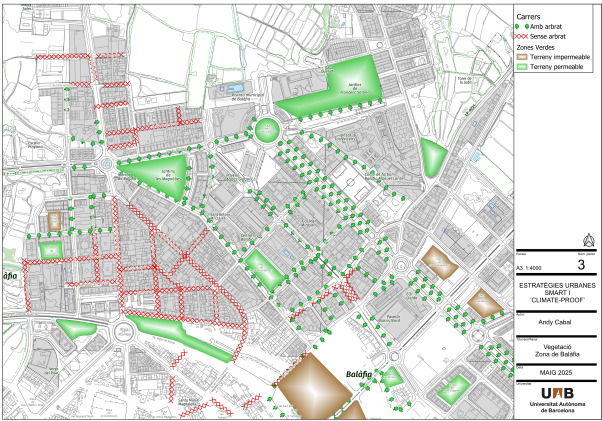


Fig. 8: Distribució dels carrers amb i sense arbrat al barri de Balàfia, així com les zones verdes i la tipologia del terreny. Elaboració pròpia a partir de dades cartogràfiques de l'ICGC.

Tot plegat confirma una realitat bastant clara: a Balàfia cal actuar. Quan posem en relació la qualitat de l'aire, la mobilitat i l'escassetat de verd urbà, veiem que la pressió del trànsit no només afecta el dia a dia del barri, sinó també la seva capacitat d'afrontar els efectes del canvi climàtic. És una zona que demana millores urgents per guanyar en salut i resiliència.

Aquesta realitat evidencia la necessitat de repensar el model de barri, explorant estratègies com les **superilles**, que permetrien reduir el trànsit de pas dins de determinades illes de cases, o els **carrers compartits**, especialment en zones escolars o comercials on la convivència entre modes és clau. A més, la baixa presència de sòl viu obre l'oportunitat d'aplicar criteris de *rewilding* en espais infrautilitzats per recuperar funcions ambientals i climàtiques.

5.1.2 Zona 2: Centre Històric

Per contrastar amb la realitat de Balàfia, també s'ha analitzat el centre històric de Lleida. Es tracta d'una zona amb poc trànsit motoritzat, carrers pacífics i una trama urbana compacta amb predomini de vianants.

Les dades mostren una qualitat de l'aire notablement millor, amb nivells baixos de NO₂. Aquesta diferència s'explica, en part, per la restricció del trànsit, la presència d'arbrat i la barreja d'usos residencials, comercials i culturals en un entorn de proximitat.

Els plànols de l'**Apèndix B** permeten comparar amb Balàfia i extreure idees útils per plantejar millores.

5.2 Comparativa entre Balàfia i el Centre Històric

Per recollir criteris útils a l'hora de fer propostes urbanes, a la **Taula 2** es compara Balàfia amb el centre històric de Lleida. Balàfia és la zona d'estudi amb més contaminació, i el centre històric serveix com a referència per la seva millor qualitat ambiental i un model urbà més pacificat.

Aspecte	Balàfia	Centre Històric
Trànsit rodat	Elevada intensitat de trànsit (IMD alta), amb connexió a N-230, C-12 i A-2.	Trànsit limitat i carrers majoritàriament d'un sol sentit; moltes àrees amb circulació restringida.
Mobilitat activa	Xarxa de carrils bici present però amb discontinuïtats i trams poc connectats.	No hi ha carrils bici segregats, però molts carrers funcionen com a plataformes úniques amb prioritat per a vianants i bicicletes.
Vegetació i zones verdes	Bona presència d'arbrat i parcs (Jardins de les Magnòlies, Francesc Solana). Cobertura vegetal desigual però significativa.	Vegetació escassa dins del teixit urbà; més concentrada a l'entorn de la Seu Vella i marges del riu.
Morfologia urbana	Urbana oberta, amb carrers amples, ús residencial i grans illes de cases.	Urbana densa i compacta, amb carrers estrets i una estructura medieval.
Qualitat de l'aire (NO₂)	Zona amb concentracions elevades segons dades de febrer 2022 ($\geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).	Zona amb concentracions baixes ($\leq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), millor qualitat ambiental.

TAULA 2: Comparativa entre el barri de Balàfia i el centre històric de Lleida.

Aquesta comparativa mostra dues realitats urbanes oposades: mentre Balàfia presenta una estructura oberta amb alta exposició a la contaminació, el Centre Històric ja incorpora elements propis dels **carrers compartits** —com la plataforma única i la baixa velocitat—, així com una densitat urbana que facilita la **ciutat de proximitat**. En canvi, Balàfia requerria estratègies més estructurals, com la creació de **superilles** o la introducció de mesures de *rewilding* urbà per recuperar el balanç ambiental.

5.3 Propostes d'intervenció urbana

A partir del diagnòstic realitzat, es proposen un seguit d'actuacions amb l'objectiu de reduir la contaminació, afavorir la mobilitat activa i reforçar la resiliència climàtica del barri.

Propostes per al barri de Balàfia

- **Corredors verds:** crear eixos continus de vegetació que connectin espais verds existents, aprofitant carrers amples per incorporar arbrat i zones drenants. Aquestes connexions poden actuar com a refugis climàtics i millorar la qualitat ambiental dels itineraris quotidians.
- **Renaturalització de paviments:** substituir superfícies impermeables per materials permeables que facilitin la infiltració de l'aigua de pluja. Aquesta mesura contribueix a una millor gestió hídrica i redueix el risc d'inundacions en episodis de pluja intensa.
- **Implantació del model de superilla:** es proposa implementar progressivament el model de superilla al voltant dels carrers amb més densitat de trànsit del barri. Aquest enfocament consisteix a restringir el trànsit de pas dins d'una illa de cases i prioritzar-hi els desplaçaments a peu, en bicicleta i amb transport públic. Inspirat en el model de Barcelona, impulsat per Salvador Rueda [33], aquest tipus d'intervenció té com a objectiu millorar la qualitat de l'aire, reduir el soroll, recuperar espai públic per a usos socials i generar un entorn urbà més saludable i habitable.
- **Carrer compartit com a solució de convivència:** en determinats vials del barri —especialment en zones escolars, comercials o amb alt potencial de vida urbana— es planteja l'adaptació a **carrers compartits**. Aquest model consisteix a eliminar la separació física entre calçada i vorera, establir una plataforma única, reduir la velocitat màxima i fomentar la convivència entre vianants, bicicletes i vehicles. A més, permet integrar-hi la mobilitat ciclista com a part natural del traçat, superant la fragmentació actual i generant itineraris més segurs, continus i connectats amb altres barris.
- **Rewilding urbà com a estratègia estructural:** més enllà d'introduir verd ornamental, es proposa consolidar el *rewilding* com una eina de regeneració urbana profunda. Això implica transformar espais durs o infrautilitzats en zones amb vegetació espontània, espècies autòctones i hàbitats per a fauna urbana. Aquesta estratègia permet recuperar sòl viu, reduir l'efecte illa de calor i promoure la biodiversitat urbana,

en coherència amb els principis exposats a l'apartat 1.5 **Rewilding a les ciutats**.

Propostes per al Centre Històric

Cal destacar que el Centre Històric de Lleida presenta una morfologia compacta i una bona dotació d'equipaments culturals, religiosos i sanitaris, com museus, esglésies o centres d'atenció primària. Aquesta estructura encaixa amb el model de ciutat dels 15 minuts, ja que permet cobrir moltes necessitats de la vida quotidiana sense necessitat de grans desplaçaments.

- **Renaturalitzar racons urbans com a microespais de *rewilding*:** es proposa intervenir en patis tancats, talussos o escales en desnivell del nucli antic, mitjançant estratègies de *rewilding* urbà suau. Amb vegetació autòctona, sòl viu i materials naturals, es poden generar petits hàbitats que millorin la biodiversitat i el confort climàtic, tot respectant la memòria i la morfologia històrica.
- **Revaloritzar carrers com el Carrer Major o Carrer Caldereries com a espais urbans compartits:** aquesta zona disposa d'una xarxa de carrers estrets amb plataforma única, especialment en àrees comercials. Es proposa limitar-hi progressivament el trànsit motoritzat no essencial i incorporar elements que reforcin l'ús social i la qualitat ambiental d'aquests espais: paviments més confortables, senyalització inclusiva, mobiliari urbà i presència de verd. Aquesta limitació es podria implementar de manera gradual a través de regulacions horàries, sistemes de control d'accés amb pilones, i estratègies d'urbanisme tàctic.
- **Establir una connexió verda amb Cappont a través del riu:** es planteja la creació d'un corredor verd i cívic que uneixi el Centre Històric amb el barri de Cappont, prioritzant la mobilitat activa i integrant-hi vegetació, ombra i espais d'estada. Aquest eix pot actuar com un connector ecològic, social i simbòlic entre dues ribes de la ciutat.

Pilot de monitoratge mòbil amb taxis equipats amb sensors Firefly

Una proposta interessant per millorar el seguiment de la contaminació atmosfèrica a Lleida és aprofitar la mobilitat dels taxis per fer monitoratge ambiental en temps real. Aquest enfocament s'inspira en l'experiència de la tecnologia *Firefly*, aplicada amb èxit en diverses ciutats dels Estats Units.

En un projecte que va recopilar més de 100 milions de dades de PM_{2.5} a través de més de 3.000 vehicles durant un any, *Firefly* va demostrar que és possible obtenir mapes de contaminació amb una resolució urbana molt alta [30]. Els sensors, instal·lats sobre taxis i vehicles compartits, enregistren lectures cada 60 segons —i fins i tot cada 5 segons en algunes proves— associades a coordenades GPS, fet que permet detectar zones crítiques i patrons temporals d'emissió [30].

Ciutats com Nova York, Dallas, Los Angeles, Chicago i Miami han aplicat aquest sistema, demostrant que és una

solució escalable i fàcil d'adaptar a altres contextos urbans [13].

A Lleida, es planteja posar en marxa un pilot que inclouria:

- **Equipar** entre 10 i 15 taxis amb sensors de PM_{2.5}, GPS i mostreig cada 60 segons.
- **Impulsar la col·laboració** entre l'Ajuntament, la Universitat de Lleida i el gremi del taxi per facilitar la instal·lació i el tractament de les dades.
- **Objectius esperats:** millorar la cobertura espacial, detectar punts calents de contaminació i generar mapes ambientals de gran detall.

6 DISCUSSIÓ

L'anàlisi comparativa entre Balàfia i el centre històric de Lleida ha posat en evidència desigualtats significatives pel que fa a la qualitat de l'aire, el verd urbà i l'estructura viària. Aquestes diferències reforcen els plantejaments de Gehl [15] i Rueda [32], que destaquen el paper essencial del disseny de l'espai públic i del model de mobilitat en la configuració de la salut ambiental urbana.

Els resultats mostren que entorns amb menor densitat de trànsit i una estructura urbana més compacta —com el centre històric— presenten millors indicadors ambientals. Aquesta tendència s'alinea amb els principis de la ciutat de proximitat defensats per Moreno [25] i amb les evidències de Nieuwenhuijsen [28], que connecten la reducció de desplaçaments motoritzats amb millores en salut i qualitat de vida.

Tot i haver aplicat criteris tècnics i sostenibles en les propostes d'intervenció, una de les limitacions més destacables ha estat la manca de participació ciutadana directa i d'informació qualitativa sobre la percepció de l'entorn. Aquesta absència és especialment rellevant si es consideren les idees actuals sobre ciutats intel·ligents, que insisteixen en la necessitat d'integrar la inclusivitat i la participació activa com a condicions imprescindibles per generar un impacte social real i durador [29, 31, 3, 12].

Amb l'objectiu de donar resposta a aquesta mancança, es proposa implementar un sistema de monitoratge ambiental mòbil a través de taxis equipats amb sensors de contaminació. Més enllà de la captació tècnica de dades, es planteja obrir aquesta infraestructura a la participació ciutadana mitjançant l'accés obert als resultats, la cocreació d'indicadors útils per al territori i activitats de sensibilització ambiental. Aquesta proposta, inspirada en el projecte *Firefly*, ja ha estat implementada a ciutats com Nova York, Dallas o Los Angeles, on més de 3.000 vehicles han recollit més de 100 milions de lectures de PM_{2.5} en moviment [30, 13]. Es tracta d'una estratègia escalable i replicable que s'insereix dins del marc de les solucions digitals distribuïdes descrites per Zanella [39] i Dias [10], i que podria adaptar-se perfectament a la realitat urbana de Lleida per complementar les fonts de dades existents.

D'altra banda, cal assenyalar que el treball tampoc ha incorporat altres variables ambientals rellevants, com la temperatura, el soroll o la humitat, malgrat l'ús d'eines SIG i dades reals de contaminació. Autors com Fernández Güell

adverteixen que una avaluació rigorosa de la sostenibilitat urbana ha de tenir en compte indicadors diversos i un enfocament transversal que combini dades quantitatives i qualitatives [12].

En conjunt, aquest treball reforça la idea de que la combinació de tecnologia digital, disseny urbà sostenible i adaptació territorial pot contribuir de manera significativa a la resiliència climàtica urbana. Tot i això, perquè aquest enfocament tingui un impacte real, cal que es desenvolupi sota criteris ètics, participatius i contextualitzats, sensibles a la diversitat i les necessitats específiques de cada territori.

7 CONCLUSIONS

1. **No tots els barris viuen la ciutat de la mateixa manera.** La comparativa entre Balàfia i el centre històric mostra com aspectes com la forma urbana o la presència de verd urbà poden condicionar fortament la qualitat de vida. Aquesta desigualtat territorial és coherent amb el que exposa Domènech en la seva anàlisi crítica de processos d'smartització urbana [8].
2. **La contaminació atmosfèrica continua sent un problema greu.** Balàfia registra valors de NO₂ molt superiors als recomanats, especialment a causa de la intensitat del trànsit. Això no només representa un risc per a la salut, sinó que també demostra la necessitat de reduir emissions i actuar sobre la mobilitat, com també adverteixen Molina Navas [24] i l'informe de l'AMB sobre l'impacte de les ciutats [1].
3. **La tecnologia, per si sola, no transforma la ciutat.** Pot ser molt útil —com en el cas del monitoratge ambiental amb taxis sensoritzats— però només si s'aplica amb criteri i es contextualitza dins d'una estratègia urbana clara. Shannon [35] destaca la importància d'aquesta coherència, i Fernández Güell [12] recorda que cal evitar caure en solucions tecnocràtiques buides.
4. **El rewilding no és només plantar arbres.** És una aposta més profunda: permet recuperar biodiversitat, regular el clima urbà i crear espais més agradables. Però també pot reforçar el vincle emocional amb el territori, com assenyalen Ceaușu [6] i Kabisch [18] quan parlen del potencial regenerador d'aquest enfocament.
5. **La ciutadania encara queda massa al marge.** Tot i que aquest treball no ha incorporat processos participatius, queda clar que caldria fer-ho. La manca de percepció ciutadana és una limitació clara, i com exposa Fernández Güell [12], sense inclusió real, les polítiques smart poden quedar buides de contingut social.
6. **Les smart cities poden ajudar, però amb condicions.** La hipòtesi inicial es confirma parcialment. Aquest model pot contribuir a una millor adaptació climàtica, sempre que no es desvinculi del territori ni dels drets socials, com alerten Molina [24] i Domènech [8].
7. **No hi ha ciutat resilient sense una mirada transversal.** Dades ambientals, disseny urbà sostenible i participació ciutadana han de caminar juntes. La

governança urbana ha de basar-se en aquesta articulació, tal com defensaven Shannon, Gyüre i Kollányi [35] a la seva revisió sobre ciutats intel·ligents i solucions basades en la natura.

En definitiva, la construcció de ciutats més resilents no passa només per aplicar tecnologia o ampliar espais verds, sinó per repensar col·lectivament com volem viure i con-viure en un entorn urbà que sigui, alhora, sostenible, just i profundament humà.

8 AGRAÏMENTS

Vull expressar el meu agraïment més sincer a totes aquelles persones que han fet possible aquest treball de final de grau.

En primer lloc, al professor Francesc Muñoz Ramírez, pel seu acompanyament, els seus comentaris rigorosos i la seva mirada crítica, que m'han ajudat a donar forma a aquest projecte.

També vull agrair a la meua família per haver-me recolzat en tot moment, haver confiat tant en mi com en el meu projecte, i haver estat al meu costat. Sense ells, no hauria estat possible arribar fins on soc ara.

Finalment, a la meua parella, per regalar-me el llibre *Rewilding: Bringing Wildlife Back Where It Belongs*, que va despertar el meu interès pel *rewilding*; però, sobretot, per la seva comprensió, els ànims i l'afecte incondicional durant tot aquest procés.

Aquest treball és fruit de totes aquelles persones que han estat sempre al meu costat.

REFERÈNCIES

- [1] AMB, S., AND NEWMAN, P. L'impacte de les ciutats en el canvi climàtic: Nexes urbà-rural.
- [2] AS NANTES, L. V. Île de nantes: Pla de transformació urbana, 2016. Premi Europeu de l'Espai Públic Urbà.
- [3] BIBRI, S. E., AND KROGSTIE, J. Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society* 31 (2017), 183–212.
- [4] BUIZER, M., ELANDS, B., AND VIERIKKO, K. Governing cities reflexively—the biocultural diversity concept as an alternative to ecosystem services. *Environmental Science & Policy* 62 (2016), 7–13.
- [5] C40 CITIES, AND ARUP. Urban rewilding: El valor y los beneficios colaterales de la naturaleza en los espacios urbanos, 2023. Consulta: abril 2025.
- [6] CEAUȘU, S., HOFMANN, M., NAVARRO, L. M., CARVER, S., VERBURG, P. H., AND PEREIRA, H. M. Mapping opportunities and challenges for rewilding in europe. *Conservation Biology* 29, 4 (2015), 1017–1027.
- [7] CLARK, J. *Uneven Innovation: The Work of Smart Cities*. Columbia University Press, 2020.
- [8] CLAUDIO DOMÈNECH, P. Anàlisi crítica de processos d'smartització urbana climate proof.
- [9] DE MADRID, A. Madrid río, 2022. Premi Europeu de l'Espai Públic Urbà.
- [10] DIAS, T., FONSECA, T., VITORINO, J., MARTINS, A., MALPIQUE, S., AND PRAÇA, I. From data to action: Exploring ai and iot-driven solutions for smarter cities. *arXiv preprint arXiv:2306.04653* (2023).
- [11] EUROPEAN COMMISSION. 100 climate-neutral and smart cities by 2030 – by and for the citizens. Tech. rep., European Union, 2020.
- [12] FERNÁNDEZ GÜELL, J. M. Ciudades inteligentes: la mitificación de las nuevas tecnologías como respuesta a los retos de las ciudades contemporáneas. *Economía industrial*, 395 (2015), 17–28.
- [13] FIREFLY. High resolution air quality data by firefly, 2023. Vehicle-mounted PM2.5 sensors deployed in US cities including New York, Dallas, Los Angeles, Chicago and Miami.
- [14] FUHEM ECOSOCIAL. Ética del rewilding, 2023. Consulta: abril 2025.
- [15] GEHL, J. *Cities for People*. Island Press, 2010.
- [16] ILGEN, S., SENGERS, F., AND WARDEKKER, A. City-to-city learning for urban resilience: The case of water squares in rotterdam and mexico city. *Water* 11, 5 (2019), 983.
- [17] INSTITUTO DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y ESTUDIOS DEL AGUA (IDAEA-CSIC). Caracterización de la calidad del aire en el entorno urbano de lleida. Tech. rep., Ajuntament de Lleida, 2022. Informe tècnic elaborat per l'IDAEA-CSIC per a l'Ajuntament de Lleida. Disponible a través de l'àrea de sostenibilitat urbana de la Paeria.
- [18] KABISCH, N., KORN, H., STADLER, J., AND BONN, A. *Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: Linkages between science, policy and practice*. Springer, 2016.
- [19] KITCHIN, R. *Getting smarter about smart cities: Improving data privacy and data security*. Data Protection Unit, Department of the Taoiseach (Ireland), 2016.
- [20] LANDSCHAPSARCHITECTEN, O. Catharijnesingel, utrecht. recuperació d'espais fluvials i mobilitat activa, 2022.
- [21] MANG, P., AND REED, B. Designing from place: A regenerative framework and methodology. *Building Research & Information* 40, 1 (2012), 23–38.
- [22] MARCH, H., AND RIBERA-FUMAZ, R. Una revisión crítica desde la ecología política urbana del concepto smart city en el estado español. *Ecología Política* 29 (2014), 20–25.
- [23] MCCORD, C., AND BECKER, C. Sidewalk and to-ronto: Critical systems heuristics and the smart city. *arXiv preprint arXiv:1906.02266* (2019).

- [24] MOLINA NAVAS, J. El paper de les smart cities per combatre el canvi climàtic a les principals ciutats europees.
- [25] MORENO, C. *La revolución de la proximidad: De la ciudad-mundo a la ciudad de los quince minutos*. Alianza Editorial, Madrid, Espanya, 2023.
- [26] MYLONAS, G., KALOGERAS, A., PETERSEN, S. A., MUÑOZ, L., AND CHATZIGIANNAKIS, I. When circular economy meets the smart city ecosystem: Defining the smart and circular city. *arXiv preprint arXiv:2410.22012* (2024).
- [27] NACIONES UNIDAS. Objetivos de desarrollo sostenible (ods), 2015. Accedido el 9 de mayo de 2025.
- [28] NIEUWENHUIJSEN, M. J. Urban and transport planning pathways to carbon neutral, liveable and healthy cities; a review of the current evidence. *Environment International* 140 (2020), 105661.
- [29] NOORI, N., HOPPE, T., AND DE JONG, M. Smart city as a social transition towards inclusive development: A conceptual framework. *International Journal of Urban Sciences* 26, 3 (2022), 277–305.
- [30] NOULAS, A., ACIKMESE, Y., LI, C. Q. C., PATEL, M. Y., BABUL, S. A., COHEN, R. C., LAMBIOTTE, R., AND GONZALEZ, M. C. Modeling urban air quality using taxis as sensors. *arXiv preprint arXiv:2506.11720* (2025). More than 100 million PM2.5 readings from over 3 000 vehicles; sampling every 60 s.
- [31] POURNARAS, E. Proof of witness presence: Blockchain consensus for augmented democracy in smart cities. *arXiv preprint arXiv:1907.00498* (2019).
- [32] RUEDA, S. *Regenerando el Plan Cerdà: De la manzana de Cerdà a la supermanzana del urbanismo ecosistémico*. Agbar, Barcelona, 2020.
- [33] RUEDA, S. *Regenerando el Plan Cerdà: De la manzana de Cerdà a la supermanzana del Urbanismo Ecosistémico*. Agbar, Barcelona, España, 2020.
- [34] SENNETT, R. *Construir y habitar: Ética para la ciudad*. Anagrama, Barcelona, 2019.
- [35] SHANNON, M., GYÜRE, B., AND KOLLÁNYI, D. Smart cities and nature-based solutions: synergies and trade-offs in urban ecosystem governance. *Cities* 123 (2022), 103562.
- [36] STEEN, D. A., AND FEDELE, C. *Rewilding: Bringing Wildlife Back Where It Belongs*. Neon Squid, London, 2023.
- [37] THE URBAN REWILDING PROJECT. Benefits of rewilding, 2023. Consulta: abril 2025.
- [38] VANOLO, A. Whiteness and neoliberalism in the smart city. *City* 18, 5 (2014), 612–622.
- [39] ZANELLA, A., BUI, N., CASTELLANI, A., VANGELISTA, L., AND ZORZI, M. Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal* 1, 1 (2014), 22–32.

ANNEX

A ANNEX A. BARRIS DEL MUNICIPI DE LLEIDA

A continuació es presenta el plànol dels barris de Lleida



Fig. 9: Barris de Lleida Font: Oficina del Pla. Ajuntament de Lleida

B ANNEX B. ZONA DEL CENTRE HISTÒRIC DE LLEIDA

A continuació es presenten els plànols del Centre històric de Lleida, utilitzats per fer la comparativa entre barris.



Fig. 10: Vista aèria del Centre Històric i del barri de Cappont Font: Google Maps

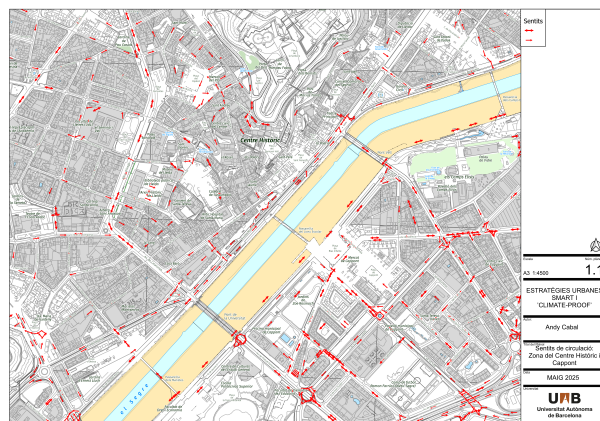


Fig. 11: Plànol dels sentits de circulació viària al Centre Històric i al barri de Cappont, a la ciutat de Lleida. Font: Elaboració pròpia a partir de dades cartogràfiques de l'ICGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya).

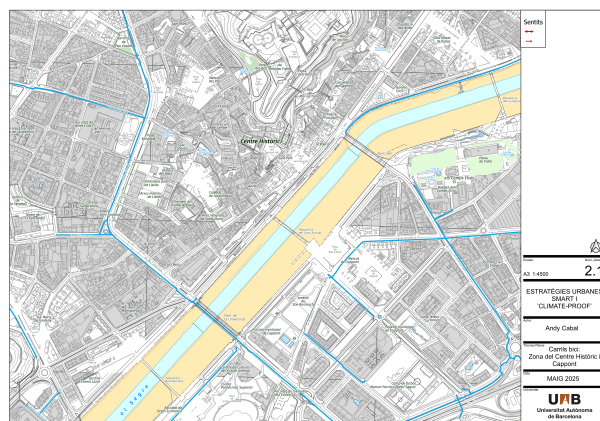


Fig. 12: Xarxa de carrils bici al Centre Històric i al barri de Cappont, a la ciutat de Lleida. Font: Elaboració pròpia a partir de dades cartogràfiques de l'ICGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya).

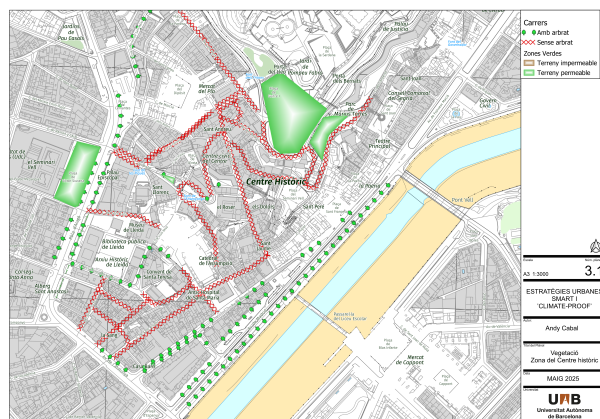


Fig. 13: Distribució dels carrers amb i sense arbrat al barri de Balàfia, així com les zones verdes i la tipologia del terreny. Font: Elaboració pròpia a partir de dades cartogràfiques de l'ICGC.



Fig. 14: Zona de Baixes Emissions (ZBE) al centre històric i Cappont de Lleida. Font: <https://zonabajasemisiones.es/lleida/>