

Alla mia famiglia

POLITECNICO DI TORINO

Facoltà di Architettura

**Corso di Laurea Magistrale
in Pianificazione Territoriale Urbanistica e
Paesaggistico-Ambientale**

Tesi di laurea magistrale

Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale

Intervento di Riqualificazione e ammodernamento
per gli impianti di illuminazione pubblica

Comune di Pozzolo Formigaro



Relatore

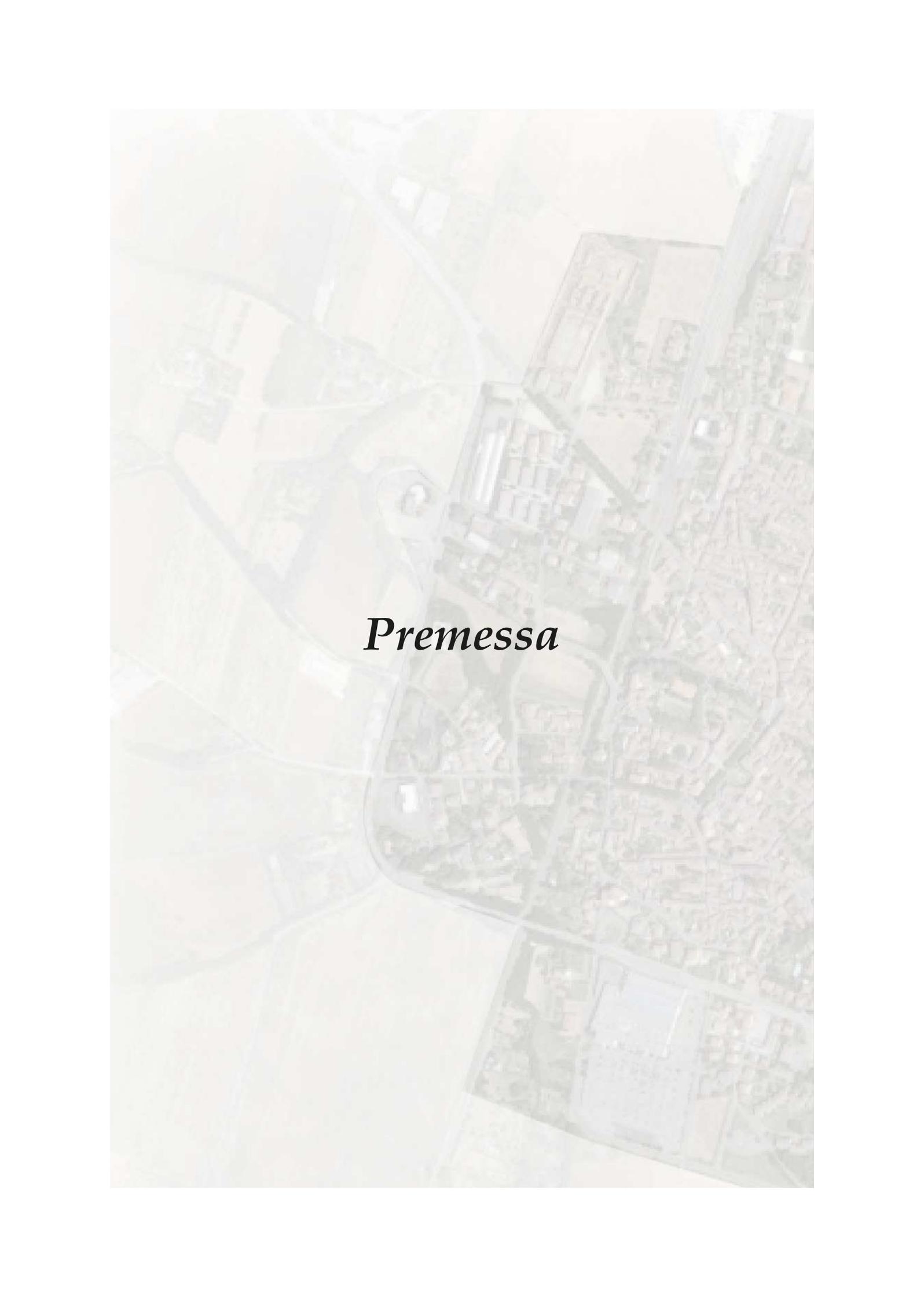
Prof.Mutani Guglielmina

Candidato

Pagano Giuseppe

Indice	
Premessa	7
Capitolo 1: Legislazione e Norme di riferimento	11
1.1 Criteri ambientali “DM 23 Dicembre 2013”	15
1.2 Classificazione stradale “UNI 11248 2016”	17
Capitolo 2: Descrizione del caso studio	23
2.1 Analisi territoriali	26
2.1.1 Quadri elettrici	30
2.1.2 Linee elettriche	34
2.1.3 Sostegni e mensole	35
2.1.4 Corpi illuminanti	38
2.2 Caratteristiche sorgenti luminose	39
2.3 Consumi energetici	47
Capitolo 3: Scelte progettuali	61
3.1 Definizione sorgenti Luminose con Tecnologia LED	62
3.2 Tecnologia adottata	67
3.3 Obiettivi da perseguire	69
3.4 Quadri Elettrici	70
3.5 Linee Elettriche	71
3.6 Eliminazione Promiscuità	72
3.7 Progetto illuminotecnico	73
3.8 Centri luminosi proposti	79
3.9 Caratteristiche dei centri luminosi proposti	81
Capitolo 4: Risparmio energetico & Benefici ambientali	87
4.1 Risparmio energetico	88
4.2 Benefici ambientali	90
Conclusioni	95
Bibliografia	101
Tavole Stato di Fatto	106

Tavole Progetto	118
Allegato A	126
Calcoli Illuminotecnici	126

An aerial photograph of a city grid, showing a dense network of streets and buildings. The image is faded and has a light beige tint. The word "Premessa" is written in a black, italicized serif font, centered over the city grid.

Premessa

Analizzando questi dati, si nota la crescita nella produzione di CO₂ avuta dall'isola di Malta; crescita che si attesta al 12,8% rispetto all'annata precedente.

Il dato però non ha un livello di significatività critico, in quanto Malta contribuisce soltanto per lo 0,05% alle emissioni europee di CO₂.

In questo senso, i "colossi" delle emissioni sono il Regno Unito (11,2% del totale di CO₂ emessa nei cieli del continente) e la Germania (con addirittura una percentuale del 23%).

Analizzando il consumo di CO₂ in Italia, si denota una crescita di emissioni rispetto al 2016 del 3,2%.

Questo dato può avere una duplice chiave di lettura: da un lato l'aumento di emissioni nocive nell'atmosfera può essere segno di una ripresa economica, d'altro lato porta effetti dannosi all'uomo e all'ambiente.

Ed è proprio la riduzione dell'inquinamento atmosferico la base portante, l'anima di questa tesi; l'abbattimento di emissioni andrà a considerare un aspetto molto importante della vita di tutti i giorni, un servizio di cui si fruisce e che a volte viene sottovalutato, ovvero l'illuminazione pubblica.

In questo senso, nel 2018 l'organo esecutivo dell'Unione Europea, ovvero la Commissione Europea, ha istituito "*il Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia*"

In questa iniziativa sono riuniti, indipendentemente dalla loro grandezza, gli enti locali europei, quali: i comuni, le province e le grandi aree metropolitane; in tal modo il Patto si pone come un modello all'avanguardia di governance multi-livello.

L'obiettivo dell'Unione Europea e degli enti è quello di ridurre del 20% le emissioni di anidride carbonica con scadenza all'anno 2020.

L'idea è quella di iniziare a cambiare le abitudini del singolo cittadino, per sensibilizzare successivamente le masse sulle problematiche legate al clima e all'energia.

In più, le pubbliche amministrazioni hanno l'opportunità di beneficiare del sostegno e del riconoscimento europeo, scambiando esperienze con le controparti europee.

I firmatari del Patto, infatti, prestano il loro impegno nella stesura di un piano anti-inquinamento, accettano di inviare rapporti e di essere monitorati dalla Commissione Europea.

Inoltre, essi sono tenuti a:

- Allocare le risorse umane atte a svolgere le mansioni necessarie, attraverso lo sviluppo di strutture amministrative;
- Preparare un inventario di base delle emissioni;
- Realizzare e inviare un piano d'azione per l'energia sostenibile entro l'anno successivo all'adesione al Patto dei Sindaci, fedele per il raggiungimento della diminuzione di emissioni con scadenza nell'anno 2020;
- Compiere azioni di monitoraggio, valutazione e verifica, inviando rapporti di attuazione a distanza di almeno 2 anni l'uno dall'altro;
- Condividere esperienze e conoscenze con altri enti locali;
- Sensibilizzare l'opinione pubblica sul tema dello sviluppo sostenibile e dell'efficienza energetica, organizzando le Giornate locali per l'energia;
- Partecipare attivamente alla cerimonia annuale del Patto dei Sindaci, ai workshop tematici e ai vari gruppi di discussione;
- Esortare i rispettivi colleghi sindaci a prendere parte al Patto.

Il Piano d'azione per l'energia sostenibile, il cosiddetto PAES, esplica le attività e le azioni che i firmatari hanno intenzione di mettere in atto, prestando particolare attenzione ai tempi e alle responsabilità assegnate.

Nel caso in cui i vari enti, soprattutto quelli di minore importanza, che non dispongono delle adeguate risorse per la stesura del Piano d'azione e per far fronte a tutti gli impegni prestabiliti dal Patto, non riescano ad assicurare la giusta garanzia operativa, questi possono essere coadiuvati dai coordinatori del Patto, autorità pubbliche che forniscono assistenza tecnico-finanziaria e consulenza strategica.

La norma di riferimento del Patto dei Sindaci tiene fede alla norma "UNI CEI EN ISO 50001", tale norma riguarda i "Sistemi di gestione dell'energia - Requisiti e linee guida per l'uso" e ha come finalità quella di stabilire un vademecum per creare, avviare, mantenere e migliorare un sistema di gestione dell'energia, per permettere ad un'organizzazione il miglioramento costante delle proprie attività in ambito energetico, prestando particolare attenzione al consumo e all'uso dell'energia.

A questo scopo, si prende in esame il caso particolare del comune di Pozzolo Formigaro, borgo di 4692 abitanti, sito in provincia di Alessandria (Piemonte).

In prima istanza, è necessaria la stesura di un progetto di fattibilità, finalizzato ad esporre gli interventi previsti per l'ammodernamento e messa in sicurezza degli impianti di pubblica illuminazione del Comune di Pozzolo Formigaro. Le attività ipotizzate sono relative all'adeguamento normativo, al contenimento dell'inquinamento luminoso, alla messa in sicurezza e all'ammodernamento tecnologico degli impianti volti al risparmio energetico. Le proposte di riqualificazione di carattere normativo ed energetico nascono dalla necessità di rendere gli impianti di pubblica illuminazione di pertinenza del Comune di Pozzolo Formigaro corrispondenti alle specifiche normative ed alla reale opportunità di realizzare un intervento che garantisca nel tempo i benefici attesi, sia dal punto di vista del risparmio ed efficientamento energetico che dal punto di vista ambientale, nonché una maggiore fruibilità del servizio offerto con maggiori livelli di illuminazione sul piano stradale.

Gli obiettivi prefissati riguardanti le problematiche evidenziate dai sopralluoghi effettuati sull'impianto esistente nel comune di Pozzolo Formigaro pongono la massima attenzione a differenti aspetti, tra i quali i più importanti sono:

- Razionalizzazione dei consumi energetici dell'impianto;
- Ottenimento dei valori di luminanza ed illuminamento previsti dalla norma UNI 11248, UNI EN 13201/2-3-4 in relazione alla classificazione illuminotecnica delle strade;
- Miglioramento del comfort visivo;
- Aumento della resa cromatica e la percezione dei colori naturali nelle ore notturne;
- Maggiore sicurezza e vivibilità delle strade;
- Risoluzione delle criticità elettriche e strutturali;
- Risoluzione delle criticità tipologiche, scaturite dalle potenzialità energetiche derivanti dallo stato di fatto.

Questa linea guida progettuale si può inserire nel Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale che è uno strumento allegato al Piano Regolatore generale, che si occupa tra le altre cose dello sviluppo della sostenibilità ambientale all'interno della città.

Il PRIC nasce negli anni '90 quando L'Associazione Nazionale di Illuminazione (AIDI) ravvisa la necessità di redigere dei Piani Regolatori di Illuminazione Comunale, ma questo strumento aveva solo valore di raccomandazione, e non di prescrizione. Si tratta del regolamento degli impianti di illuminazione pubblica, decorativa e degli spazi privati esterni.

Il suo ambito di applicazione si estende agli spazi aperti, sia pubblici che privati.

Il motivo della sua comparsa è riconducibile alla costante crescita di potenzialità dell'illuminazione urbana, andando oltre quelli che sono i principi dell'illuminotecnica tradizionale.

La luce artificiale non è più soltanto un mero elemento tecnico, ma diventa un momento essenziale per dare vita alla città di notte, attraverso la riqualifica di quartieri antichi, la creazione di aree pedonali e la valorizzazione degli edifici storici.

Questa attenzione maggiore verso l'illuminazione porta ad un miglioramento della qualità ambientale, secondo quanto segue:

- Minore disturbo verso i cittadini, con minor quantità di luce che entra nelle abitazioni e minore abbagliamenti per chi circola in strada;
- Diminuzione dell'inquinamento luminoso, cioè una minore alterazione dei livelli di luce naturalmente presenti nell'ambiente notturno;
- Riduzione dei livelli di illuminamento all'interno di siti naturalistici.

Nell'ambito delle opere pubbliche l'illuminazione rientra tra le priorità delle città. L'illuminazione pubblica rappresenta circa il 12% del totale dei consumi di energia elettrica in Italia ed è una delle maggiori voci di spesa nella bolletta energetica dei comuni italiani. I consumi derivanti dagli impianti di pubblica illuminazione rappresentano mediamente circa il 60% dei costi energetici delle Amministrazioni Comunali.

Si pensi che i punti luce installati nel territorio comunale funzionano per più di 4.000 ore/anno (su un totale di 8.760 h/anno di luce e buio), secondo la legge del 14 novembre 1995, n.481 e il decreto legislativo del 16 marzo 1999,

n.79, e concorrono ad un dispendio energetico dello stesso ordine di grandezza dei consumi derivanti dall'insieme degli edifici pubblici. Pertanto, la pubblica illuminazione per i Comuni assume una particolare rilevanza e richiede profonda attenzione:

- Rilevanza, perché costituisce una delle principali voci della spesa energetica dei Comuni italiani;
- Attenzione, perché appartiene ad uno di quei campi nei quali, attraverso politiche di efficienza e interventi di riqualificazione si possono generare maggiori risparmi.

Tali condizioni rendono l'intervento di adeguamento degli impianti di pubblica illuminazione conveniente dal punto di vista economico, per l'incidenza consistente sui consumi totali, ed opportuno per quanto concerne il proprio contributo alla riduzione delle emissioni nocive in atmosfera. Le Amministrazioni Comunali manifestano una crescente sensibilità verso i problemi dell'ambiente in un contesto di sviluppo sostenibile, della sicurezza e del decoro urbano.

A queste ragioni si aggiungono le esigenze di tipo ambientale, di valorizzazioni monumentali e paesaggistiche, di esaltazione dell'immagine notturna. Nell'ottica di attenzione all'ambiente e al risparmio energetico, l'intervento di efficientamento e di riqualificazione dell'impianto di illuminazione pubblica costituisce un ulteriore passo in avanti nel percorso già intrapreso dal Comune di Pozzolo Formigaro. Questa azione contribuirà al raggiungimento degli obiettivi proposti dal punto di vista del risparmio ed efficientamento energetico e della riduzione dell'inquinamento luminoso ed ambientale, garantendo maggior comfort visivo abbinato ad una maggiore fruibilità e sicurezza per gli utenti.

Pertanto, nell'ambito degli interventi rivolti alla riduzione del consumo energetico del sistema di illuminazione pubblica e all'adeguamento alla normativa regionale (L.R. N. 31 del 24 marzo 2000 Regione Piemonte) per la riduzione dell'inquinamento luminoso e il risparmio energetico, si predispose un progetto di fattibilità finalizzato alla riqualificazione dell'impianto di illuminazione pubblica del Comune di Pozzolo Formigaro, con soluzioni mirate al conseguimento di sensibili risparmi energetici ed al contenimento dell'inquinamento luminoso a beneficio dell'ambiente.

Per dare seguito alla redazione del progetto di fattibilità si è provveduto ad integrare le informazioni disponibili nel Comune, relative agli impianti di illuminazione pubblica, mediante il rilievo della rete, ed in particolare, dei corpi illuminanti. Infatti, è stata effettuata una ricognizione dello stato dei luoghi, rilevando il numero dei punti luce per ogni tessuto urbanistico ed il tipo di illuminazione.

La fase progettuale si concentrerà sull'ammodernamento e la riqualificazione energetica degli impianti di illuminazione pubblica, attraverso la sostituzione degli attuali corpi lampada con dei nuovi dotati di tecnologia LED (Light Emitter Diode), ossia diodi ad emissione luminosa.



Immagine 1: Inquinamento luminoso: cieli italiani tra i più inquinati del mondo[2]

L'utilizzo di queste lampade, in sostituzione di quelle esistenti,

garantisce un risparmio monetario tale da poter sostenere la spesa per la realizzazione dell'intera opera attraverso l'utilizzo delle somme derivanti dal risparmio energetico riscontrato.

Le finalità dell'intervento sono:

- La riduzione dell'inquinamento luminoso e ottico, nonché la riduzione dei consumi energetici da esso derivati;
- L'uniformità dei criteri di progettazione per il miglioramento della qualità luminosa degli impianti per la sicurezza della circolazione stradale;
- La diffusione tra il pubblico delle tematiche relative all'inquinamento luminoso;
 - la promozione della riqualificazione di aree urbane;
 - l'integrazione con tecnologie atte ad erogare servizi smart.

Gli interventi progettuali previsti sono stati preceduti da una attenta fase di studio ed analisi, per poter illuminare meglio e nella giusta misura, evitando sprechi e dannose sovra illuminazioni.

Il progetto avrà un impatto positivo sulla realtà economico-finanziaria del territorio di Pozzolo Formigaro perché la gestione dell'illuminazione, sia dal punto di vista del flusso luminoso che della manutenzione,

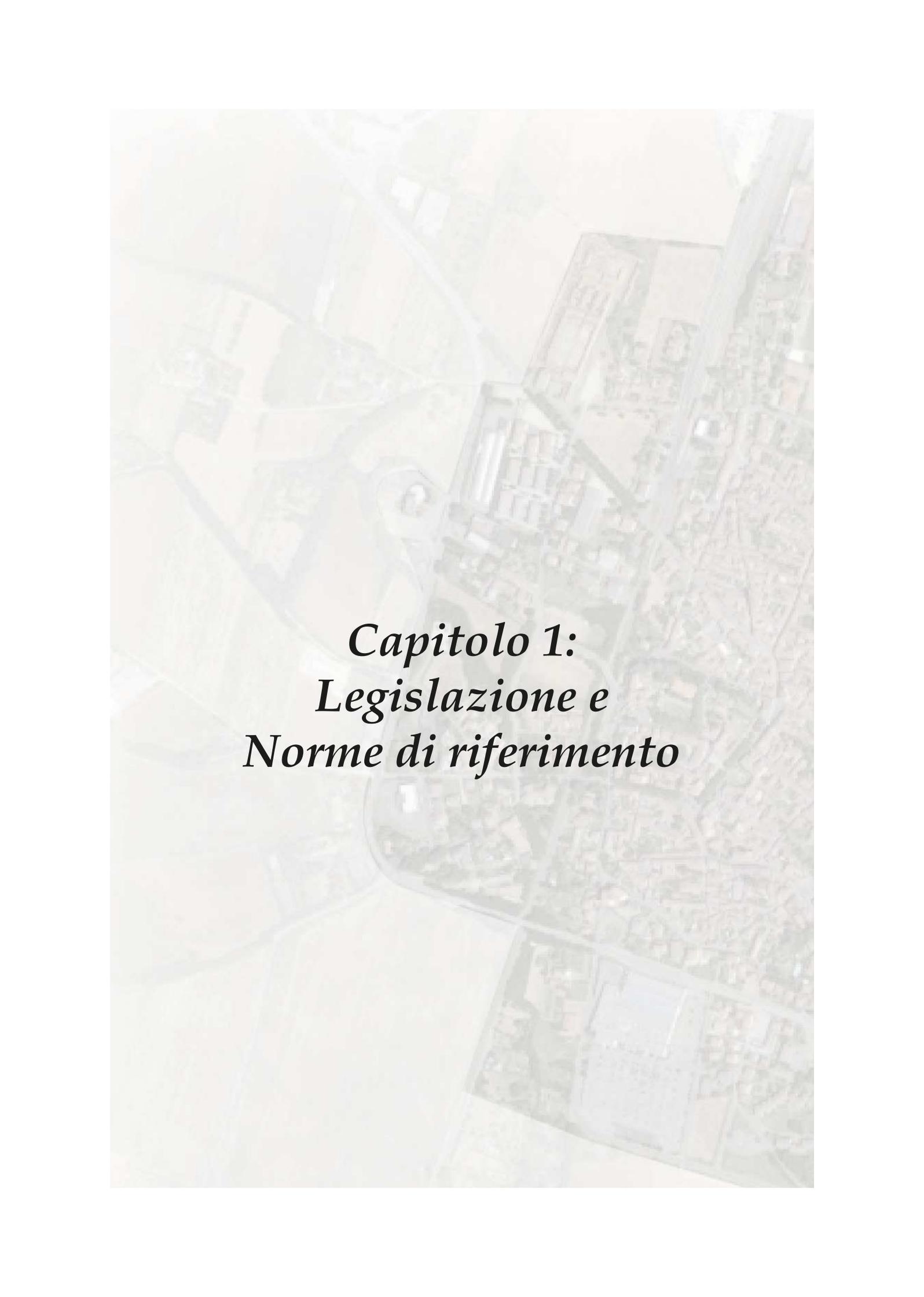
porterà giovamento in termini di decoro urbano sia delle zone centrali che di quelle periferiche. L'obiettivo è di illuminare gli spazi pubblici in modo efficace per dare maggiore sicurezza ai cittadini, evitare gli sprechi installando apparecchiature ad alta efficienza, giungere ad un risparmio energetico per contribuire alla riduzione dell'emissione di anidride carbonica (CO₂) nell'atmosfera, nonché ottenere una notevole riduzione dell'inquinamento luminoso, sfruttando sistemi innovativi e tecnologie di avanguardia nella ristrutturazione e nell'installazione di nuove apparecchiature, senza alcun aggravio economico per l'Amministrazione Comunale e, conseguentemente, per i cittadini.

Il progetto ha lo scopo primario di fornire le informazioni preliminari necessarie ad effettuare l'intervento di adeguamento e miglioramento dell'efficienza energetica dell'impianto di illuminazione pubblica.

Quindi, una volta ottenuti i dati sulla riduzione di CO₂, si opererà un confronto con quelli riportati nei Piani d'azione per l'energia sostenibile dei comuni di Pasturana(AL) e Novi Ligure(AL), aderenti al Patto dei Sindaci. Vengono utilizzati questi due comuni come termini di confronto perché sono simili a Pozzolo Formigaro, in base ai seguenti aspetti:

- Caratteristiche territoriali;
- Numero di abitanti;
- Ubicazione del comune.

In conclusione, con questa tesi, si vuole evidenziare la possibilità di ridurre il tasso di inquinamento atmosferico in seguito ad emissione di CO₂ ottenuto dai due comuni "concorrenti", attraverso un progetto di ammodernamento, riqualificazione ed efficientamento dell'illuminazione pubblica.



*Capitolo 1:
Legislazione e
Norme di riferimento*

La sicurezza relativa alle attività di esercizio e conduzione di impianti di illuminazione pubblica, sono oggetto di norme tecniche UNI e CEI e sono anche disciplinate da leggi regionali e statali. I principali provvedimenti legislativi e norme tecniche in vigore, di diretto interesse in materia di sicurezza degli impianti e che risultano più importanti ai fini della manutenzione degli stessi sono i seguenti:

NORME

- CEI 64-7 Fasc. 10928-2012 *“Impianti di illuminazione pubblica”*;
- CEI 11-4 Fasc. 1192 *“Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne”*;
- CEI 11-17 Fasc. 1890 *“Linee in cavo”*;
- CEI 64-8 2007 *“Impianti elettrici utilizzatori”*;
- CEI 17-13 Fasc. 4565 variante 2 2005 *“Quadri elettrici di bassa tensione”*;
- CEI 20-40 Fasc. 1772G *“Guida per l’uso dei cavi a bassa tensione”*;
- CEI 20-19 1 1990 III ed. *“Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V”*;
- CEI 20-31 1982 Ia ed. *“Cavi isolati con polietilene reticolato con tensione non superiore a 1 kV”*;
- CEI 20-32 1983 Ia ed. *“Cavi con neutro concentrico isolati con gomma etilpropilenica con tensione non superiore a 1 kV”*;
- CEI 20-38 1991 IIa ed. *“Cavi isolati con gomma non propagante l’incendio con tensione non superiore a 1kV”*;
- CEI 20-33 1984 Ia ed. *“Giunzioni e terminazioni per cavi di energia”*;
- CEI 17-48 1992 Ia ed. *“Morsettiere per conduttori in rame”*;
- CEI 34-21 1994 IVa ed. *“Apparecchi di illuminazione. Prescrizioni generali”*;
- CEI 34-33 1991 IIa ed. *“Apparecchi per illuminazione stradale”*;
- CE EN 60598-1 *“Apparecchi di illuminazione Parte 1: Prescrizioni generali e prove”*;
- EN 60598-2-1 *“Apparecchi di illuminazione Parte 2: Prescrizioni particolari”*;
- EN 60598-2-3 *“Apparecchi di illuminazione Parte 2-3: Prescrizioni particolari”*;

- EN 62471 2008 *“Sicurezza Fotobiologica delle Lampade”*;
- EN 55015 2007 *“Compatibilità Elettromagnetica”*;
- EN 61547 *“Apparecchiature per illuminazione generale- Prescrizioni di immunità EMC”*;
- EN 61000-3.2 *“Correnti Armoniche nella rete”*;
- CEI EN 61000-3-3 *“Norme di riferimento per gli apparecchi di illuminazione stradale”*;
- UNI 11248 : 2016 *“Illuminazione stradale-Selezione delle categorie illuminotecniche”*;
- UNI EN 13201 : 2016 *“Illuminazione stradale-requisiti e metodi di misurazione”*;
- UNI 10819 : 2016 *“Illuminazione stradale, inquinamento luminoso”*;
- UNI EN 40 : 2016 *“Pali per illuminazione stradale”*;
- DM 23 Dicembre : 2013 *“Criteri ambientali”*.

1.1 Criteri ambientali "DM 23 Dicembre 2013"

La Legge 28 dicembre 2015, n. 221, recante "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali" (c.d. "Collegato Ambientale" alla Legge di stabilità 2016), in vigore dal 2 febbraio, pubblicata nella G.U. n.13 del 18.1.2016, prevede significativi cambiamenti volti ad agevolare il ricorso agli appalti verdi e l'applicazione di criteri ambientali minimi (CAM) nei contratti pubblici. I Criteri sono stati aggiornati alla luce dell'evoluzione tecnologica, del mercato e delle indicazioni della Commissione Europea con DM 23 dicembre 2013, in vigore dal 23 gennaio 2014, il Ministero dell'Ambiente ha aggiornato anche i criteri ambientali minimi per definire gli appalti verdi relativi all'illuminazione pubblica, in particolare sull'acquisto di lampade a scarica ad alta intensità e moduli led, di apparecchi di illuminazione e sull'affidamento del servizio di progettazione di impianti. Si sottolinea come in Italia il consumo di energia per la pubblica illuminazione sia circa il 13% del totale: da ciò si evince l'importanza di adottare tecnologie che consentano una razionalizzazione dei consumi, garantendo al contempo costi contenuti per la pubblica amministrazione, coerentemente con la strategia europea per coniugare sostenibilità (economica, ambientale e sociale) e competitività. In tale ambito nel 2008 è stato emanato il "Piano d'azione nazionale per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione (PAN GPP)" che, oltre a fornire indicazioni di tipo metodologico per gli enti pubblici, prevede la definizione di "indicazioni tecniche" (criteri ambientali minimi, CAM) sia generali che specifiche di natura prevalentemente ambientale e, quando possibile, etico-sociale, che saranno utili a classificare come "sostenibile" l'acquisto o l'affidamento.

I "CAM" "criteri ambientali minimi per l'acquisto di apparecchiature, impianti e materiale di consumo per illuminazione pubblica", così come definiti dall'allegato al DM 23 dicembre 2013, hanno lo scopo di promuovere l'adeguamento degli impianti di illuminazione pubblica esistenti o la realizzazione di impianti nuovi che,

nel rispetto delle esigenze di sicurezza degli utenti, abbiano un ridotto impatto ambientale.

I criteri ambientali minimi per i corpi illuminanti nonché per i sistemi ottici alimentati riguardano, tra l'altro:

1. Valori dell'efficacia luminosa;
2. Contenimento dell'inquinamento luminoso;
3. Fattore di mantenimento del flusso luminoso e tasso di guasto dei moduli LED;
4. Garanzia di funzionamento;
5. Rendimento e tasso di guasto degli alimentatori per moduli LED;
6. Criteri di imballaggio.

Per dare concreta applicazione ai requisiti definiti nei CAM e al fine di promuovere l'utilizzo di materiali legati alla pubblica illuminazione, si utilizzeranno prodotti conformi alle norme tecniche in vigore, alle direttive europee inerenti il risparmio energetico, alle norme riguardanti l'efficienza energetica della pubblica illuminazione e ai requisiti prestazionali definiti dall'allegato al DM 23 dicembre 2013.

1.2 Classificazione stradale “UNI 11248 2016”

Per la redazione della seguente proposta di fattibilità si è fatto riferimento a quanto riportato nella normativa vigente e riguardante le opere di illuminazione pubblica; i requisiti richiesti ad un impianto di illuminazione variano a seconda delle destinazioni d’uso dell’area. La norma UNI 11248 “Illuminazione stradale - selezione delle categorie illuminotecniche” è un documento che individua le prestazioni illuminotecniche degli impianti di illuminazioni per contribuire alla sicurezza degli utenti delle strade.

Il documento si completa con:

- UNI EN 13201 2016 - 2 *Illuminazione stradale - P.2: Requisiti prestazionali;*
- UNI EN 13201 2016- 3 *Illuminazione stradale - P. 3: Calcolo delle prestazioni;*
- UNI EN 13201 2016- 4 *Illuminazione stradale - P.4: Metodi di misurazioni delle prestazioni di illuminazione.*

Oltre ad indicare come classificare una zona destinata al traffico (per determinare la sua categoria illuminotecnica), la Norma UNI 11248 fornisce la procedura per la selezione delle categorie illuminotecniche, identifica gli aspetti che condizionano l’illuminazione stradale e, attraverso opportune valutazioni dei rischi, permette il conseguimento del risparmio energetico e la riduzione dell’impatto ambientale. La norma riguarda gli impianti fissi di illuminazione in zone pubbliche destinate alla circolazione di traffico motorizzato, che devono offrire al cittadino condizioni di visibilità ottimali nelle ore notturne e consentire un regolare smaltimento del traffico. La categoria illuminotecnica di progetto deve essere valutata per un flusso di traffico pari al 100% di quello associato al tipo di strada, indipendentemente dal flusso di traffico effettivamente presente. la norma fornisce anche informazioni sulle caratteristiche di riflessione della pavimentazione stradale. La UNI 11248 riporta i criteri di suddivisione delle zone di studio, che sono quelle parti di strada considerate per la progettazione di un impianto di illuminazione: zone a traffico veicolare, piste ciclabili e zone pedonali, zone di conflitto e zone per dispositivi rallentatori e attraversamenti pedonali, diventando quindi un documento a trattazione completa.

Tra le raccomandazioni per l'illuminazione si fa riferimento al controllo dell'abbagliamento debilitante, alle condizioni atmosferiche, alla guida visiva, alle categorie illuminotecniche comparabili tra zone contigue e tra zone adiacenti. La normativa introduce numerosi parametri prestazionali necessari alla classificazione delle zone ed ai relativi requisiti illuminotecnici. Oltre a queste caratteristiche prestazionali, dal punto di vista ambientale si aggiunge la Norma UNI 10819, la quale definisce i requisiti richiesti ad un impianto di illuminazione esterna per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso. Di seguito, vengono riportate le tabelle alle Norme UNI che ci consentono di individuare la relativa classificazione stradale ed i corrispondenti valori di illuminazione consigliati.

Tabella n°1: Classificazione delle strade UNI 11248 2016

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità (km/h)	Categoria illuminotecnica di ingresso
A ₁	Autostrade extraurbane	130 - 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	70 - 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle extraurbane principali	70 - 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	70 - 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	70 - 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
Strade locali interzonali	50	M3	
	30	C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare	30	

Tabella n°2: Categorie illuminotecniche M – UNI EN 13201-2 2016

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità	
	Asciutto		Bagnato			Asciutto
	\bar{L} [minima mantenuta] cd x m ²	U_0 [minima]	$U_1^{a)}$ [minima]	$U_{0b}^{b)}$ [minima]	$f_{11}^{c)}$ [massima]	$R_{11}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

a) L'uniformità longitudinale (U_1) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.

b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

c) I valori indicati nella colonna f_{11} sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

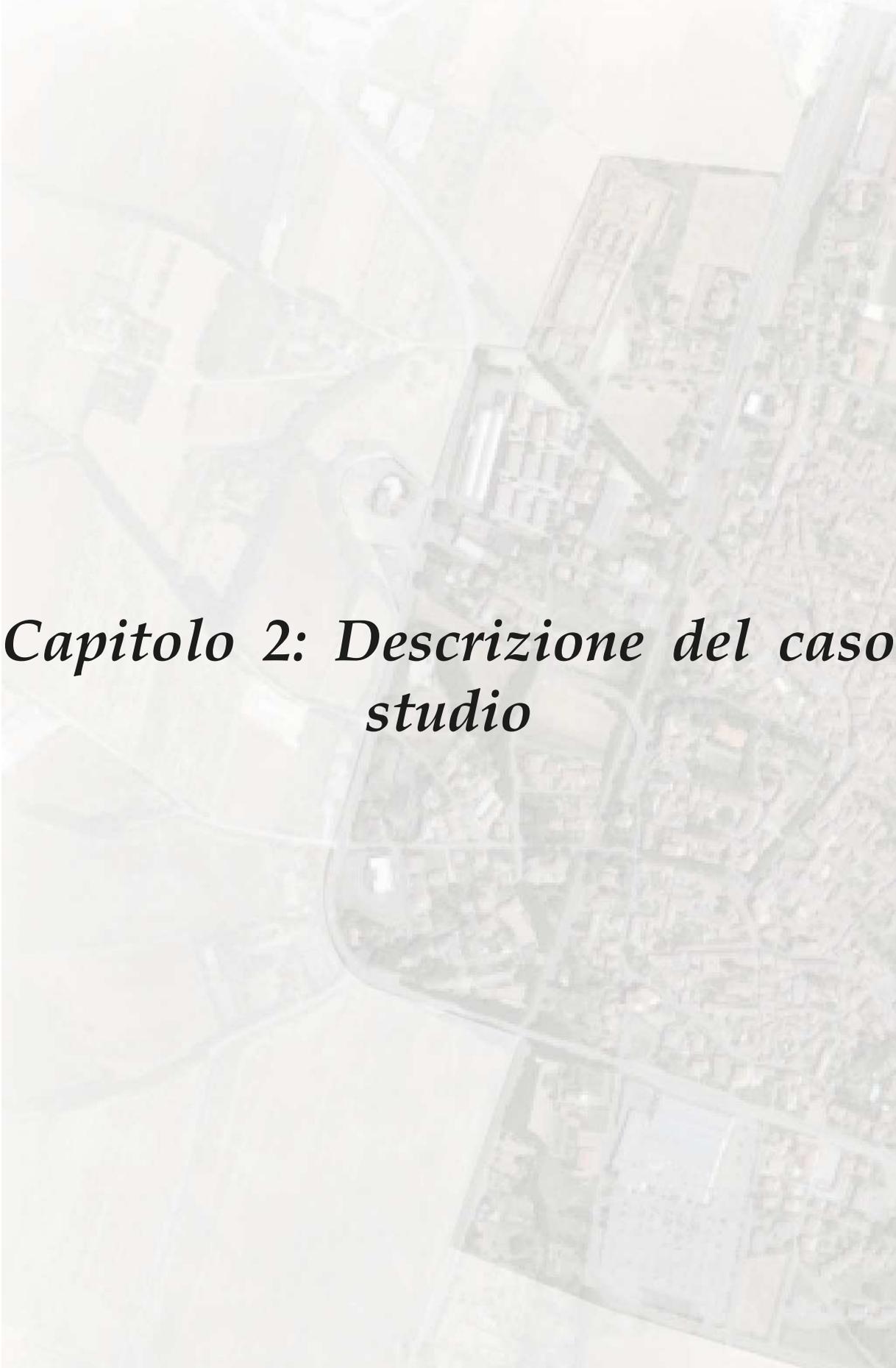
d) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicativi, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

Tabella n°3: Categorie illuminotecniche C basate sull'illuminamento del manto stradale

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	E (minimo mantenuto) lx	U_0 (minimo)
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40
C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

Tabella n°4: Categorie illuminotecniche P

Categoria	Illuminamento orizzontale		Requisito aggiuntivo se è necessario il riconoscimento facciate	
	$\bar{E}^a)$ (minimo mantenuto) lx	E_{min} (mantenuto) lx	E_{vmin} (mantenuto) lx	E_{scmin} (mantenuto) lx
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata		
a) Per ottenere l'uniformità, il valore effettivo dell'illuminamento medio mantenuto non deve essere maggiore di 1,5 volte il minimo di \bar{E} indicato per la categoria				

An aerial photograph of a city grid, likely New York City, with a specific area highlighted in a semi-transparent grey. The highlighted area is a large, roughly rectangular block with a curved eastern side, containing several large buildings and a street layout. The rest of the city grid is visible in a lighter, faded tone.

Capitolo 2: Descrizione del caso studio

Dati del territorio:

- Comune Pozzolo Formigaro (AL);
- Superficie: 36,18 Km²;
- Atitudine: 171 metri slm;
- Popolazione: 4,886 abitanti (31/12/2010);
- Densità: 135,05 abitanti/ Km²;
- Frazioni: Bettole di Pozzolo.

Cenni storici

Il Comune di Pozzolo Formigaro è situato nella regione Piemonte in Provincia di Alessandria. Pozzolo Formigaro, deriva da Puteolus Fornuce o Puteolus de Borlasca, antica parola Ligustica del ligure antico. La sua origine è sotto gli Imperatori e Re d'Italia Carolingi o Teutonici.

I luoghi denominati Pozzoli sono situati su tratti di terra lontani dai fiumi, e privi di sorgenti, ove si adunavano delle piccole colonie per coltivare il terreno incolto e boschivo, e per abbeverare se stessi e gli ermentati, scavavano pozzi ed abbeveratoi.

Nell'anno 999 Pozzolo era già annoverato fra le Corti, cioè insediamenti con Chiesa Campestre. Verso la fine del secolo XI, fu trasformato dai Tortonesi in Castello per servire

di freno ai novesi. Nel 1165 era stato espugnato, come Novi, da Enobardo, e presidiato dai Pavesi, i quali lo resero ai Tortonesi con la pace del 1165. Sulla fine del secolo XIII Marchesi del Bosco, malgrado fossero stati per lo più volte respinti, se ne impadronirono.

Nel 1210 Ottone Marchese del Bosco vendette la Villa e il Castello di Pozzolo ai Tortonesi, ciò venne confermato da Turcho, ed Alberto figli del medesimo Ottone. Nell'anno 1211 i Consoli di Tortona e l'Ambasciatore della Città si portarono in Pozzolo, ove registrarono le Albergarie (diritto di ricevere vitto e alloggio), che i Pozzolesi dovevano come sudditi ai Tortonesi. Da questo documento si rileva che vi erano due le Parrocchie, di S. Marziano e di S. Martino.

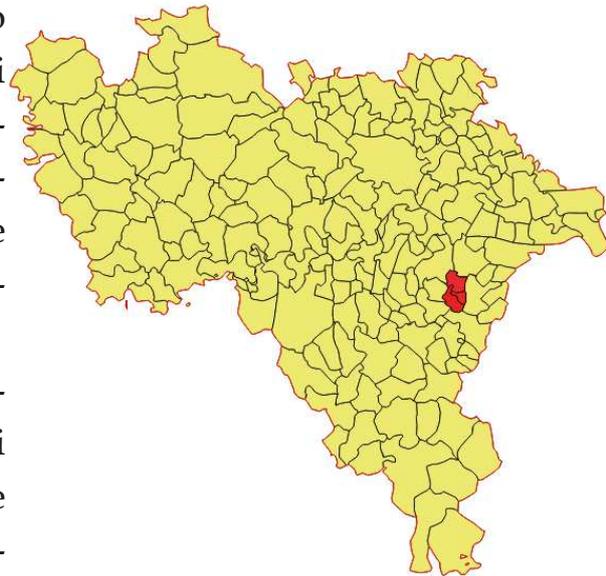


Figura 3: Posizione del Comune di Pozzolo Formigaro all'interno della Provincia di Alessandria [3]

A quest'epoca incominciarono le guerre tra Pozzolesi e Novesi: guerre che conservarono l'antipatia, e la disunione fra queste due popolazioni.

Nell'anno 1211 i Consoli di Tortona e l'Ambasciatore della Città si portarono in Pozzolo, ove registrarono le Albergarie (diritto di ricevere vitto e alloggio), che i Pozzolesi dovevano come sudditi ai Tortonesi. Da questo documento si rileva che vi erano due le Parrocchie, di S. Marziano e di S. Martino.

Nel 1255 racconta un anonimo Pozzolese, che avendo Pozzolo Formigaro tentato di levarsi dall'ubbidienza della città di Tortona, come già avevano fatto quelli di Novi, i Tortonesi intrapresero nuove guerre contro i Pozzolesi.

La pace arrivò con un trattato nel Consiglio della città con l'intervento di Ottino da Montemerlo Podestà del Comune di Tortona, e di Girisberto de' Gandi, Bernardo de' Marsillii, ed Umberto Cevo Sindaci e Procuratori del Comune di Pozzolo. I Pozzolesi e i Tortonesi si perdonano a vicenda le offese fattesi per lo passato; che gli uomini di Pozzolo possano godere degli onori, benefizi, e sedere nel Consiglio della città, come cittadini di Tortona, e debbano ubbidire, prestar il servizio come i cittadini; che non possano essere molestati.

Da questo trattato si evidenzia, che Pozzolo in questi tempi era un castello di qualche riguardo, e con una popolazione potente e rispettabile.

La popolazione era divisa in Militi cioè Signori, Vassalli, e Popolo. Fra i nobili Vassalli troviamo rammentate le famiglie d'Odillio, del Cane, da Marengo, i Pastorii, i Sacchi, i Gavini, o Giavini, de' Gandi, i Cevo, da Gamundio, i Gaiti, i della Palma, i Tegnina, i della Villa, i della Vacca, i Marsiglii, i Chiapussi, i Pelati, i da Rovereto, i dell'Orba, i Surlioni, i Scorta.

Nel sec. XIII e XIV il Castello di Pozzolo fu preso e ripreso dai Marchesi del Monferrato, dai Del Bosco, dai Pelavicini, dagli Spinola, dai Genovesi, dai Malaspina e dai Tortonesi.

Si susseguirono vari passaggi di proprietà finché con la morte dell'ultimo erede dei Sauli, Maria Brigitta Sauli, i beni furono incamerati con i diritti feudali dal Re di Sardegna, ed ai suoi eredi e successori altro non restarono che i beni allodiali, il Castello con ampi possedimenti.

2.1 Analisi territoriali

Al fine di proporre la migliore soluzione progettuale per gli interventi di riqualificazione, di messa in sicurezza, ammodernamento ed efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Pozzolo Formigaro, è necessario conoscere il reale stato degli impianti attualmente presenti su tutto il territorio.

Visti i numerosi elementi che compongono gli impianti (sostegni, linee elettriche, apparecchi di illuminazione, quadri elettrici, elementi elettrici ed elettronici ecc.), al fine di avere un'analisi di dettaglio di tutti i componenti facenti capo agli impianti di pubblica illuminazione si è proceduto ad una campagna di sopralluoghi per tracciare i principali interventi da effettuare e per rimuovere le criticità ed obsolescenze rilevate.

Il sopralluogo, realizzati da tecnici specializzati, è stato eseguito utilizzando le seguenti attrezzature e strumentazioni:

- Smartphone con software propedeutico al rilievo di tutti i punti luce su GIS;
- Fotocamera digitale utilizzata per fotografare ogni punto luce e/o situazione critica;
- Laser digitale per le misurazioni della larghezza stradale, l'Interdistanza e l'altezza dei pali;
- Pinze amperometriche per misurare i consumi affettivi dei quadri elettrici;

Operativamente e sequenzialmente le seguenti attività eseguite sono state:

- Identificazione ed ubicazione del punto luce e quadro elettrico;
- Fotografia del punto luce/sostegno e quadro;
- Rilievo ed ubicazione dei punti luce con il relativo quadro elettrico;
- Rilievo ed ubicazione della sezione stradale in corrispondenza al punto luce;

L'analisi della consistenza strutturale dell'intero impianto ha evidenziato una situazione di parziale obsolescenza in cui versano alcuni componenti, degrado dovuto soprattutto alla vecchiaia dello stesso impianto, ed al normale

degradamento e/o deterioramento che si ha durante il ciclo di funzionamento a cui maggiormente sono esposti gli organi illuminanti, i quali essendo soggetti a continue operazioni di accensione e spegnimento durante l'anno, con il passare del tempo, perdono di efficacia facendo diminuire il livello prestazionale dell'intero impianto. I punti di riferimento e le analisi svolte sullo stato attuale dei componenti impiantistici, sono rappresentati dal seguente schema

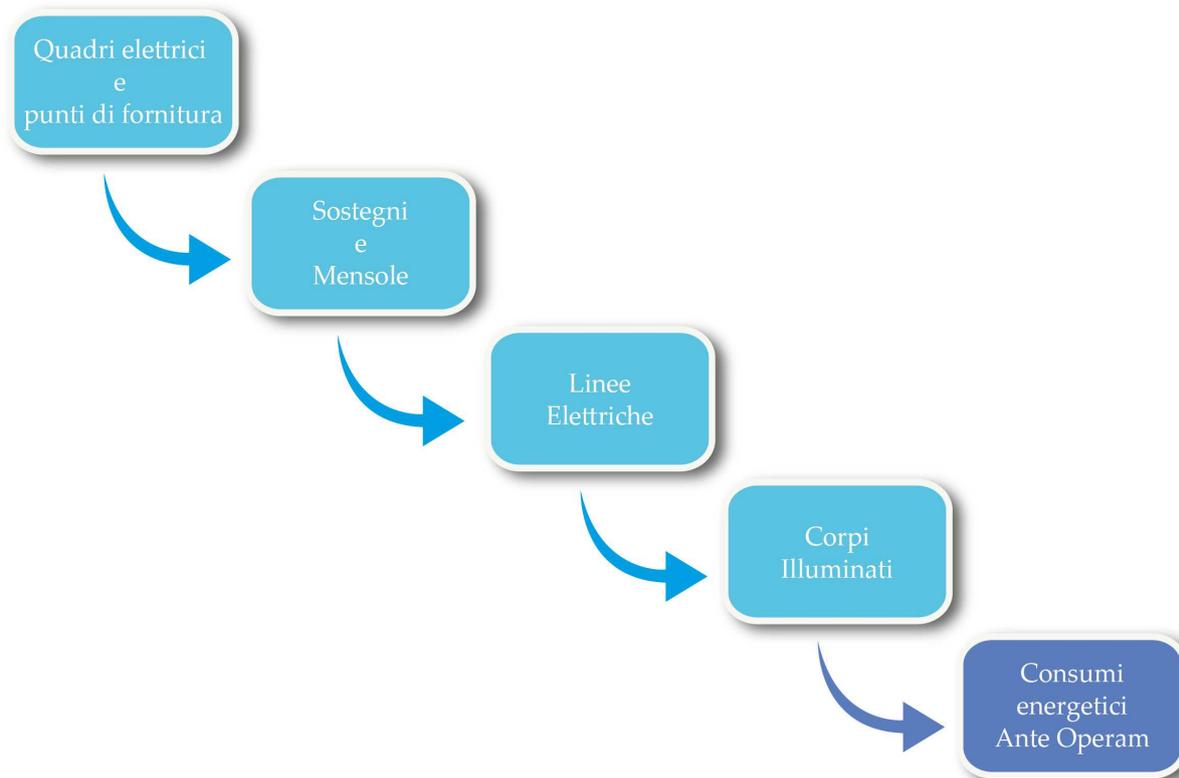


Figura 4: Schema delle analisi svolte sul territorio Comunale. [4]

Dal sopralluogo effettuato si evidenzia come alcune zone necessitano di un intervento strutturale ai sostegni (verniciatura e ruggine nella sezione d'incastro e sostituzione dei sostegni danneggiati).

In molti casi, si prevede l'installazione di un nuovo corpo illuminante in modo tale da poter garantire il giusto livello di illuminazione sul piano stradale e uniformare il centro luminoso a quelli esistenti.

Per le linee di alimentazione di tipo aereo, i controlli a vista eseguiti per quanto concerne i giunti di connessione presenti nelle cassette di derivazione, si è rilevato che in molti casi non sono conformi o non adeguati al tipo di installazione. Queste connessioni, infatti, sono realizzate con materiali non adatti alla tipologia di impianto, il che provoca dissipazioni termiche e a contatto con l'acqua o con un'alta percentuale di umidità può

pregiudicare la sicurezza sia dell'impianto che dell'utente in caso di contatto diretto su parti metalliche.

Tra le priorità delle attività previste nei lavori iniziali saranno sanate situazioni critiche con l'esecuzione di nuove giunzioni. In fine per quando concerne i centri luminosi, lo stato in cui versano alcuni corpi è di assoluto abbandono e degrado: globi spaccati o assenti, apparecchi senza ottiche, vano di protezione inesistente, lampade a vista senza protezioni, ecc.

Di seguito vengono riportate alcune immagini delle possibili criticità:



Figura 5: Reperto fotografico delle criticità dei centri luminosi riscontrate nel territorio del Comune di Pozzolo Formigaro. [5]

Nella fase di verifica e censimento degli impianti si è proceduto anche alla quantificazione di tutti i dati relativi alle potenze impegnate, alle potenze effettivamente utilizzate, ed ai consumi energetici, confrontando i dati e le risultanze dei documenti nelle disponibilità del Comune.

I dati riportati nei paragrafi successivi forniscono un report di quanto rilevato in merito alla situazione attuale degli impianti, in relazione ai singoli parametri sopra rappresentati e si pongono a riferimento e quale base delle scelte definite per tutti i futuri interventi di efficientamento e messa a norma degli impianti.

Il rilievo puntuale effettuato sul territorio Comunale di Pozzolo Formigaro conta n. 1.145 punti luce collegati alla rete elettrica.

Tutti i rilievi e le informazioni tecniche acquisite nel corso del censimento sono riportate sulle tavole grafiche allegate alla presente Tesi.

2.1.1 Quadri elettrici

Per quanto riguarda i quadri elettrici di alimentazione e distribuzione, per la maggior parte di essi sia per la parte meccanica (armadi involucri esterni) che per la componentistica e il cablaggio elettrico (apparecchiature elettriche/elettromeccaniche interne) sono inadeguati dal punto di vista della normativa tecnica e carenti dal punto di vista della sicurezza elettrica. Inoltre, sono privi di protezioni dal punto di vista elettrico contro i contatti diretti ed indiretti e in alcuni casi sono in un precario stato di conservazione.

Nella tabella a seguire sono riportate alcune immagini dei quadri esistenti:



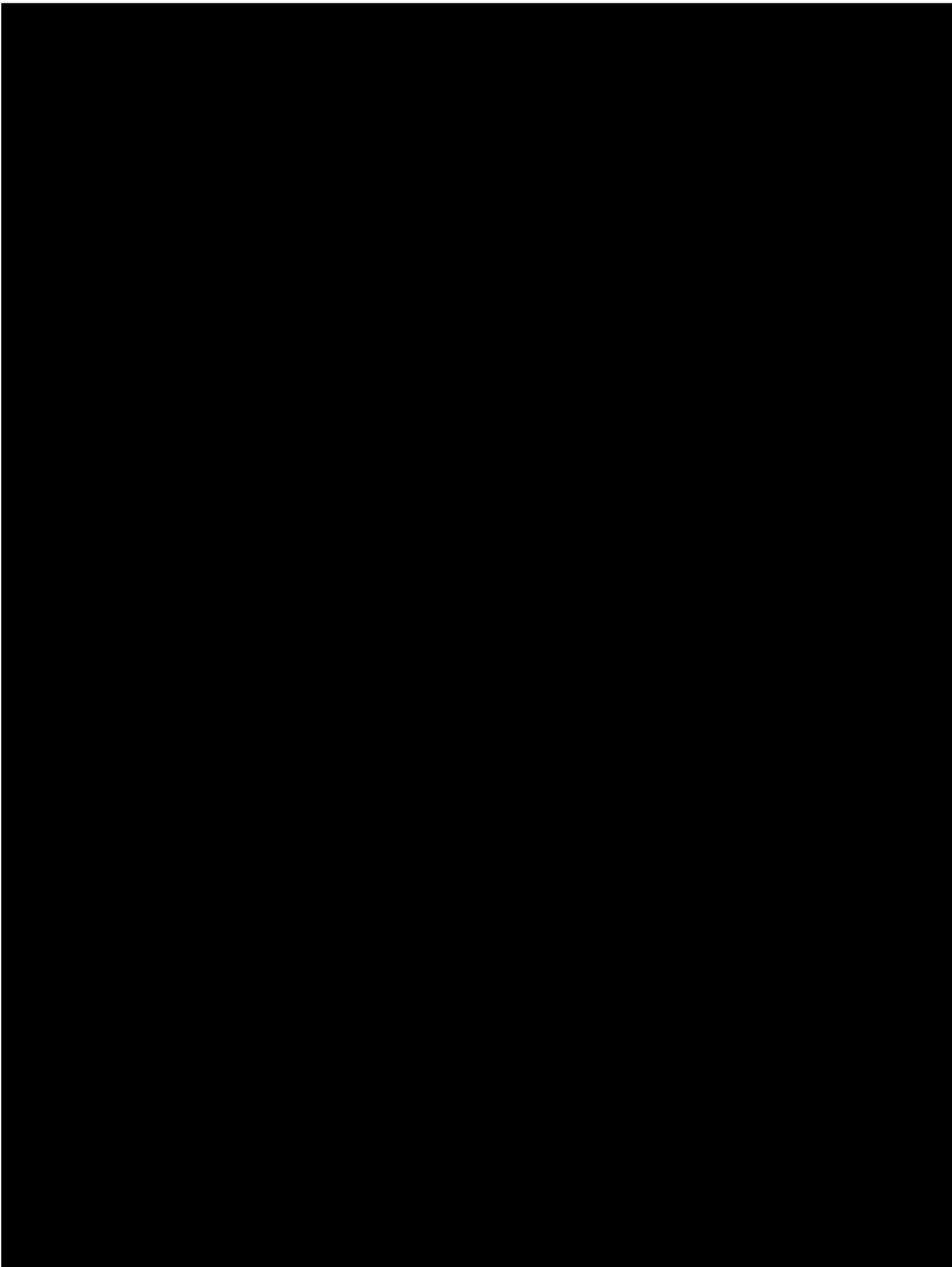
Figura 6: Reperto fotografico delle criticità dei Quadri elettrici riscontrate nel territorio del Comune di Pozzolo Formigaro. [6]

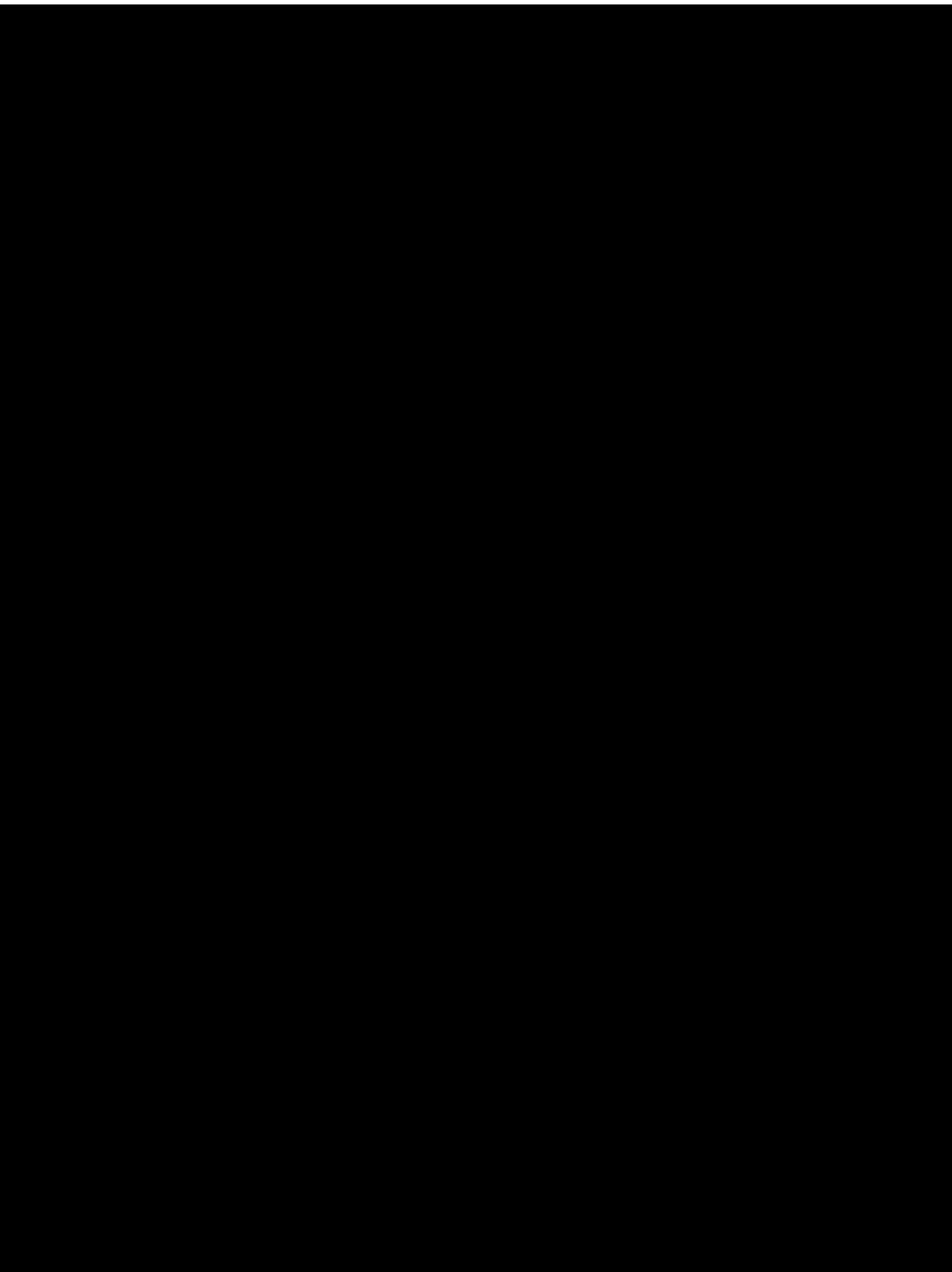
Gli impianti sono composti da:

► n. 36 Quadri elettrici di controllo e protezione degli impianti come da tabella a seguire:

Tabella 1: Numerazione dei quadri elettrici con la rispettiva posizione.

N. Quadro Elettrico	Via
1	Via Strada di Vicinale
2	Via delle Ghiare
3	Via Industria
4	Via Commercio
5	Via Cocola
6	Strada comune
7	Strada dei Roveri
8	Strada Comunale Bissone
9	Via Bettole
10	Via della Badia
11	Via Vallicella
12	Via Gailone
13	Via Malpaga
14	Parcheeggio Via Ghezzi
15	Via Ghezzi
16	Via Boxilio
17	Via Boxilio
18	Strada Cassano
19	Via delle Robinie
20	Via San Giorgio
21	Via Vecchia S. Marziano
22	Via Nuova san Marzano
23	Strada Novi
24	Strada Vecchia Novi
25	Via Giovanni XXIII
26	Via della Capelletta
27	Via dei Confini
28	Via Roma
29	Via Garibaldi
30	Via Sebastiano
31	Castello
32	Via Principe Oddone
33	Viale Partigiani
34	Via Garibaldi
35	Viale Partigiani
36	Viale Partigiani





2.1.2 Linee elettriche

La composizione della rete di distribuzione per l'alimentazione degli impianti in BT si compone di dorsali in esercizio sia in trifase a 400 V e sia in linee monofase a 230, da rilevare che sono presenti tratti di linee molto lunghe situazione tale da generare in alcuni casi cadute di tensioni a fondo linea elevate. Per quanto riguarda le derivazioni verso i centri luminosi le linee sono di tipo monofase con cavi in maggior parte opportunamente dimensionati ai carichi assorbiti. Dalla verifica effettuata, inoltre, alcuni tratti di linea aerea necessitano sia di adeguamento dal punto di vista di tenuta dell'isolamento e sia di opportuno ridimensionamento, in relazione ai carichi effettivamente assorbiti.

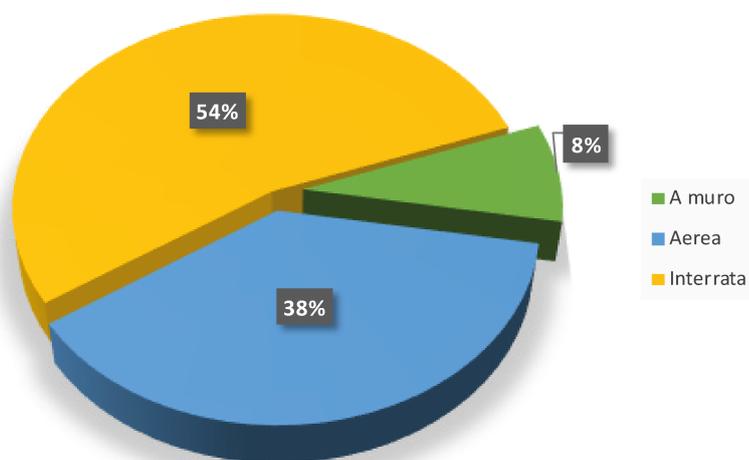
A supporto degli interventi progettuali previsti, tali problematiche saranno sanate con l'installazione di nuove linee in cavo del tipo multipolare FG7OR.

Limitatamente ai pozzetti di derivazione, dalla verifica effettuata, risultano necessari alcuni interventi attinenti al rifacimento di giunzioni al fine di garantire il giusto isolamento elettrico.

Tutti gli interventi previsti sono rivolti al raggiungimento dei limiti imposti dalla normativa elettrica di riferimento.

Grafico 1 - La ripartizione delle tipologie delle linee di alimentazione è:

Tipologia linee di alimentazione	Quantità
A muro	11
Aerea	51
Interrata	72



2.1.3 Sostegni e mensole

Come detto, la ricognizione puntuale ha portato al censimento e al posizionamento cartografico e geo-referenziato di tutti i sostegni dell'impianto di pubblica illuminazione, distinti in relazione alle varie tipologie e materiali; i grafici rappresentano le tipologie costruttive dei sostegni.

GRAFICO 2 - Per quanto concerne la tipologia di sostegni utilizzati si ha:

Tipologia di sostegno	Quantità
A Muro	213
Artistico	27
Cilindrico	13
Conico curvo	438
Conico dritto	235
Rastremato curvo	29
Rastremato dritto	122
Sospensione	2
Torre faro	50
Soffitto	16

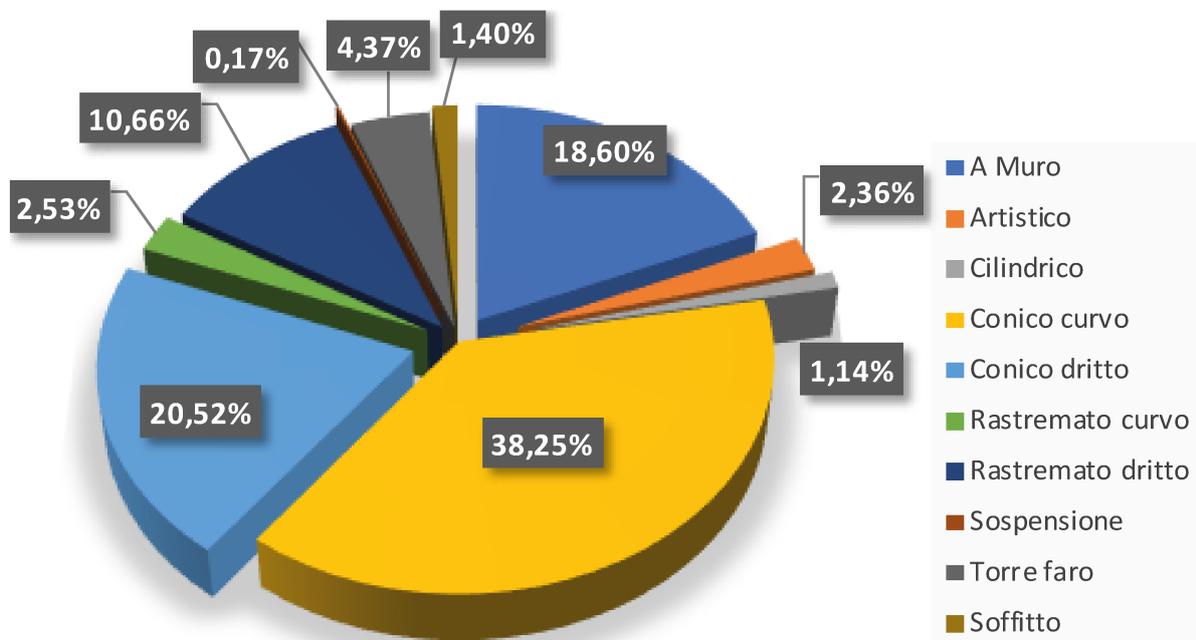


GRAFICO 3 - Per quanto riguarda le tipologie mensole il rilievo ha permesso di mettere in evidenza che:

Tipologia Mensola	Quantità
Artistico singolo	58
Corona per torre faro	50
Sbraccio doppio	65
Sbraccio multiplo	9
Sbraccio singolo	734
Testapalo doppio	6
Testapalo multiplo	40
Testapalo singolo	167
Incassata	16

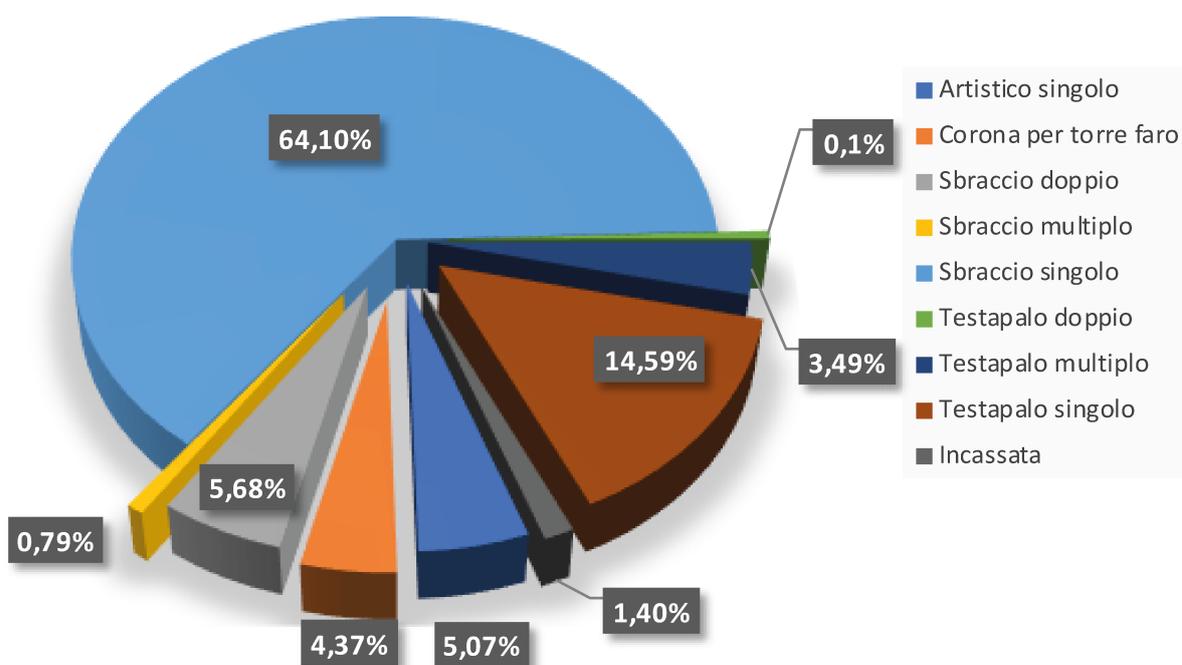


GRAFICO 4 - I dati raccolti rilevano che, per quanto concerne i materiali dei sostegni, gli stessi risultano formati dal seguente materiale costruttivo:

Tipologia di materiale	Quantità
Cemento	195
Ferro	934
Altro	16

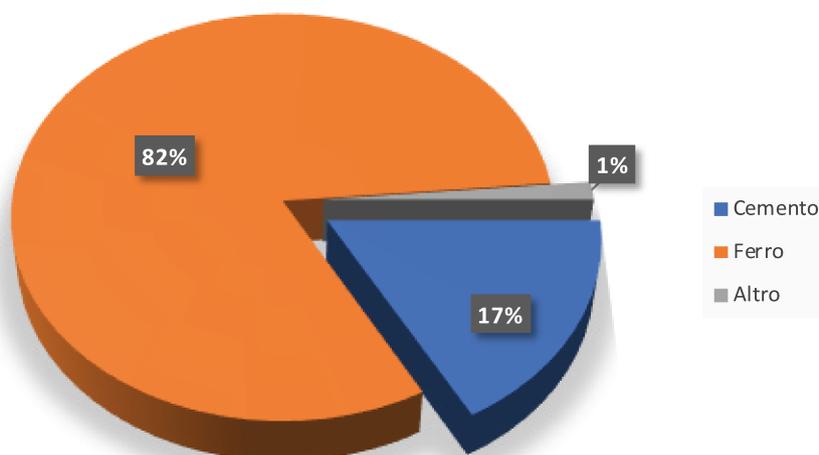
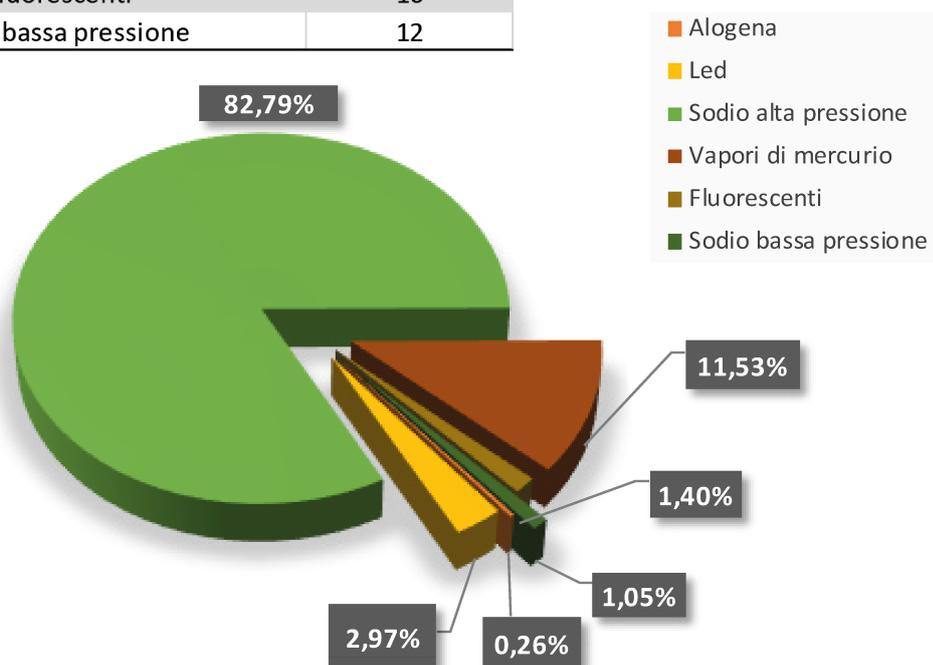


GRAFICO 5 - I dati raccolti rilevano che, per quanto concerne le lampade utilizzate, sono:

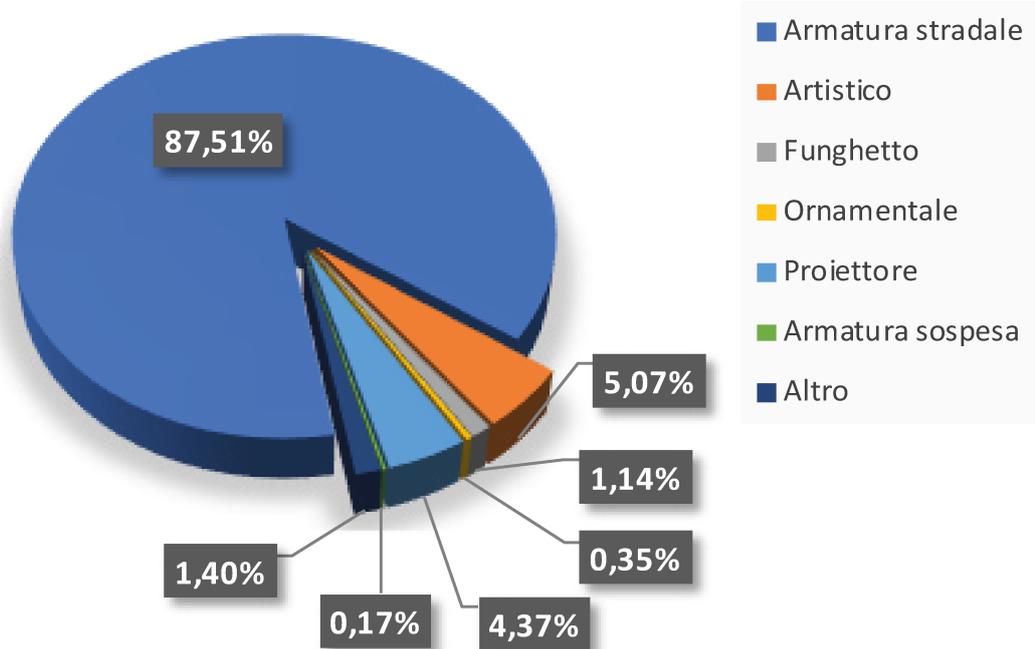
Tipologia lampada	Quantità
Alogena	3
Led	34
Sodio alta pressione	948
Vapori di mercurio	132
Fluorescenti	16
Sodio bassa pressione	12



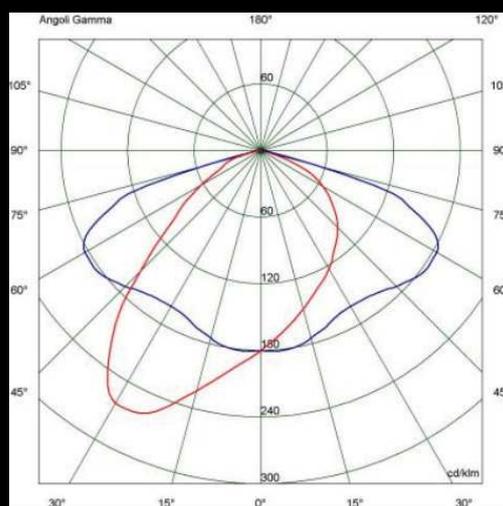
2.1.4 Corpi illuminanti

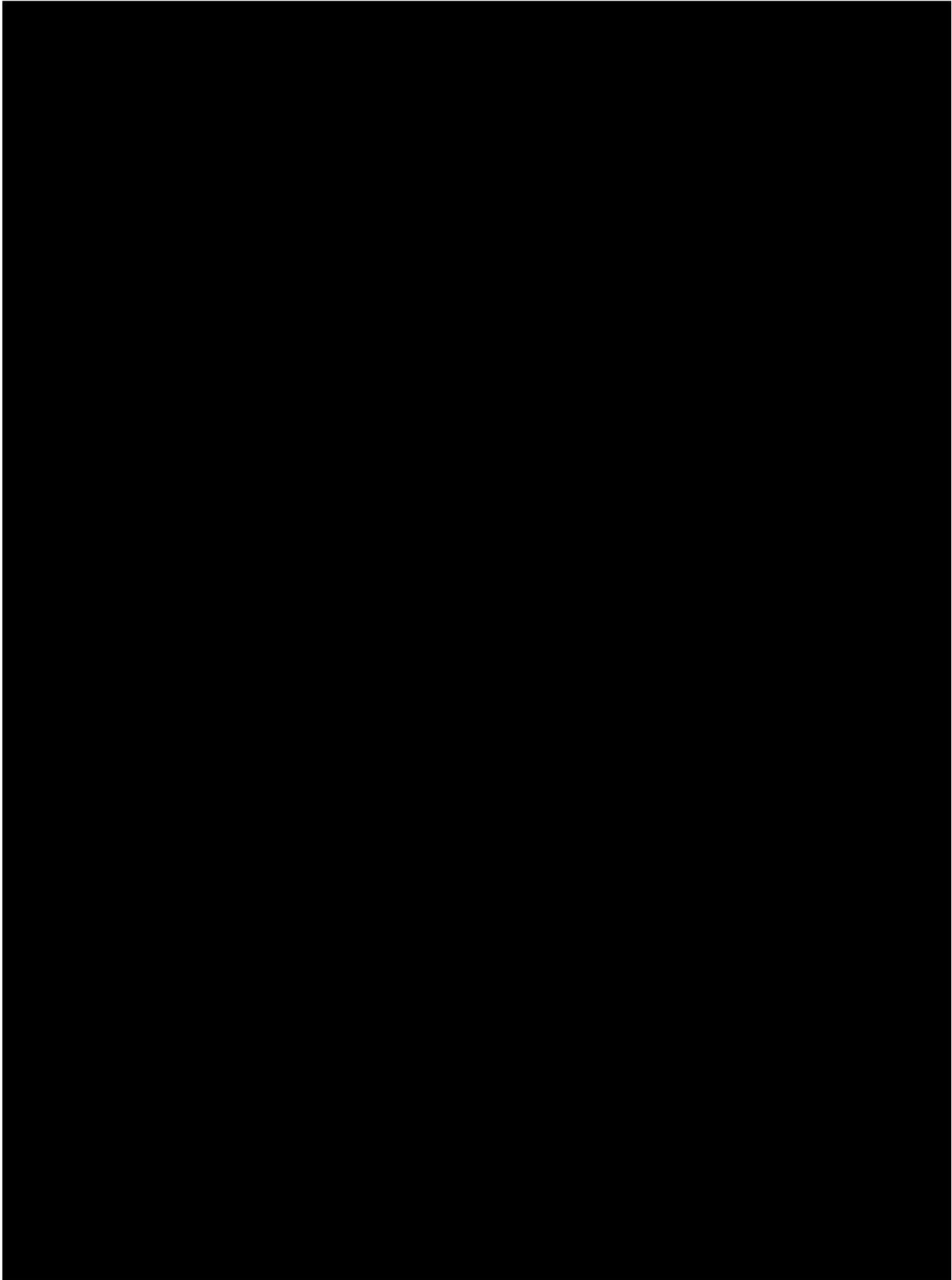
Attraverso l'attività di rilievo e censimento è stato possibile definire tutte le tipologie di apparecchi di illuminazione dell'impianto esistente di pubblica illuminazione, distinti in varie tipologie di apparecchi e lampade utilizzate, con le relative potenze; tutto ciò al fine di caratterizzare al meglio la tipologia costruttiva dell'impianto e definire i consumi energetici dello stesso.

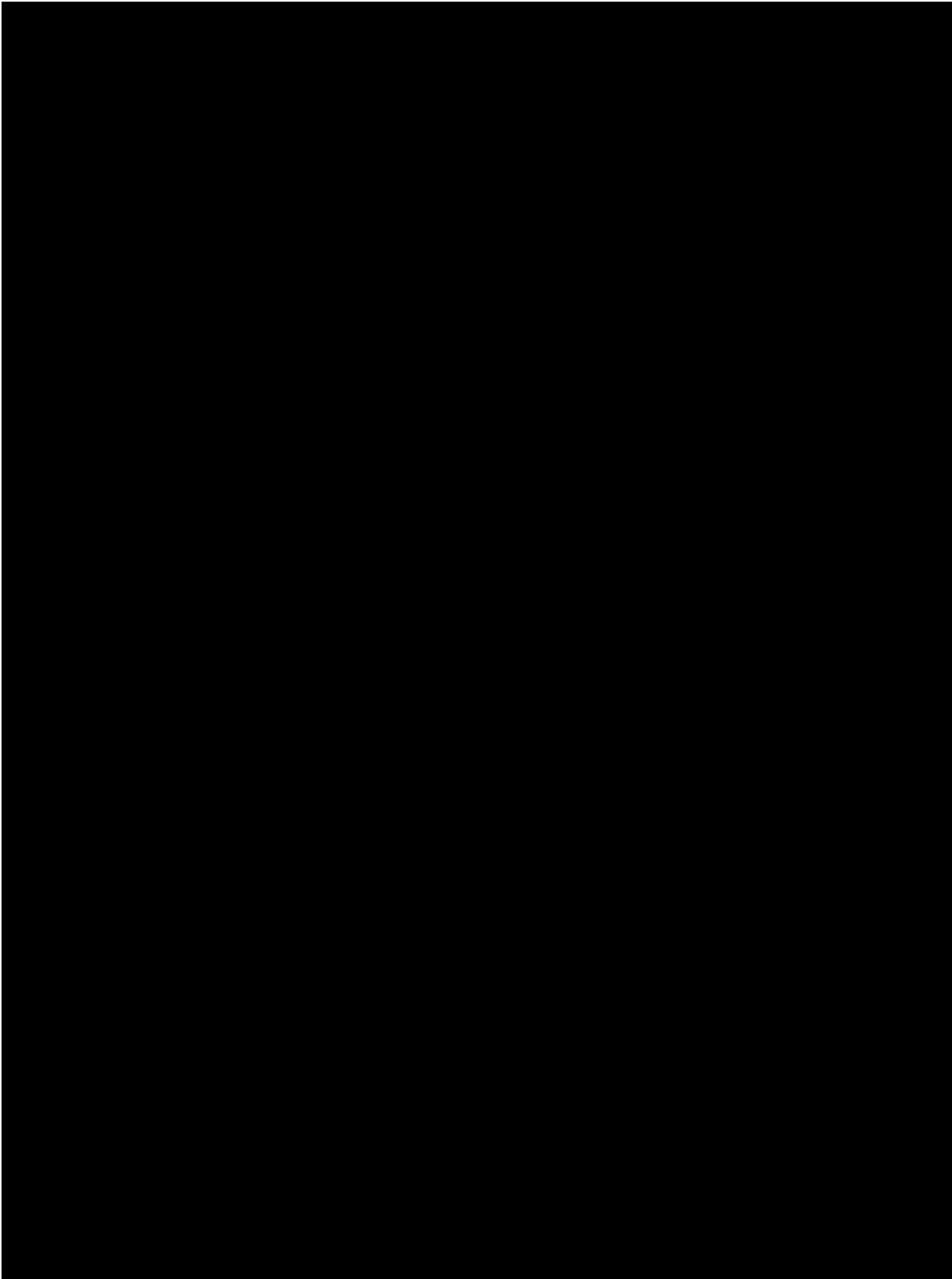
Tipologia Apparecchio	Quantità
Armatura stradale	1002
Artistico	58
Funghetto	13
Ornamentale	4
Proiettore	50
Armatura sospesa	2
Altro	16

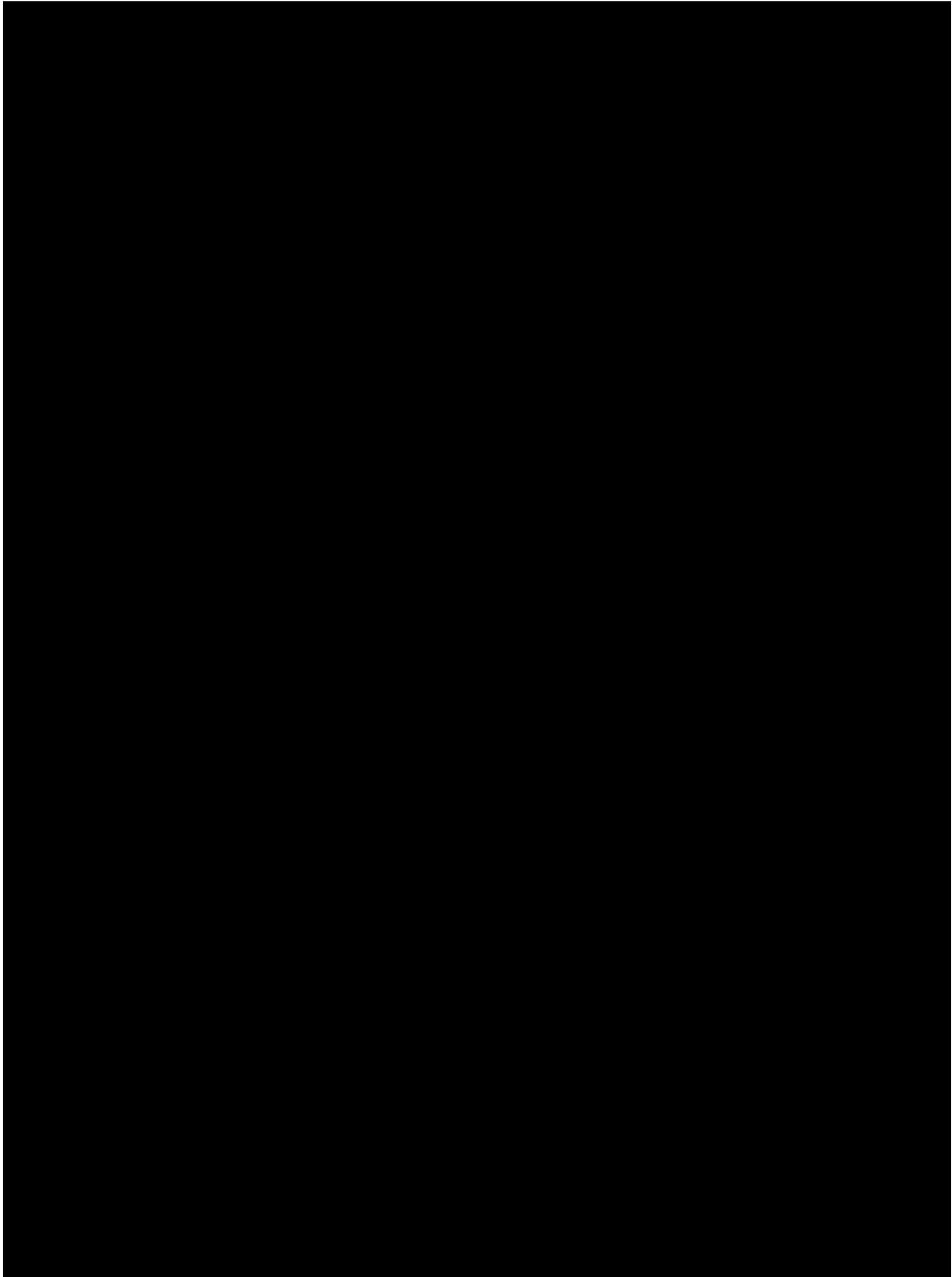


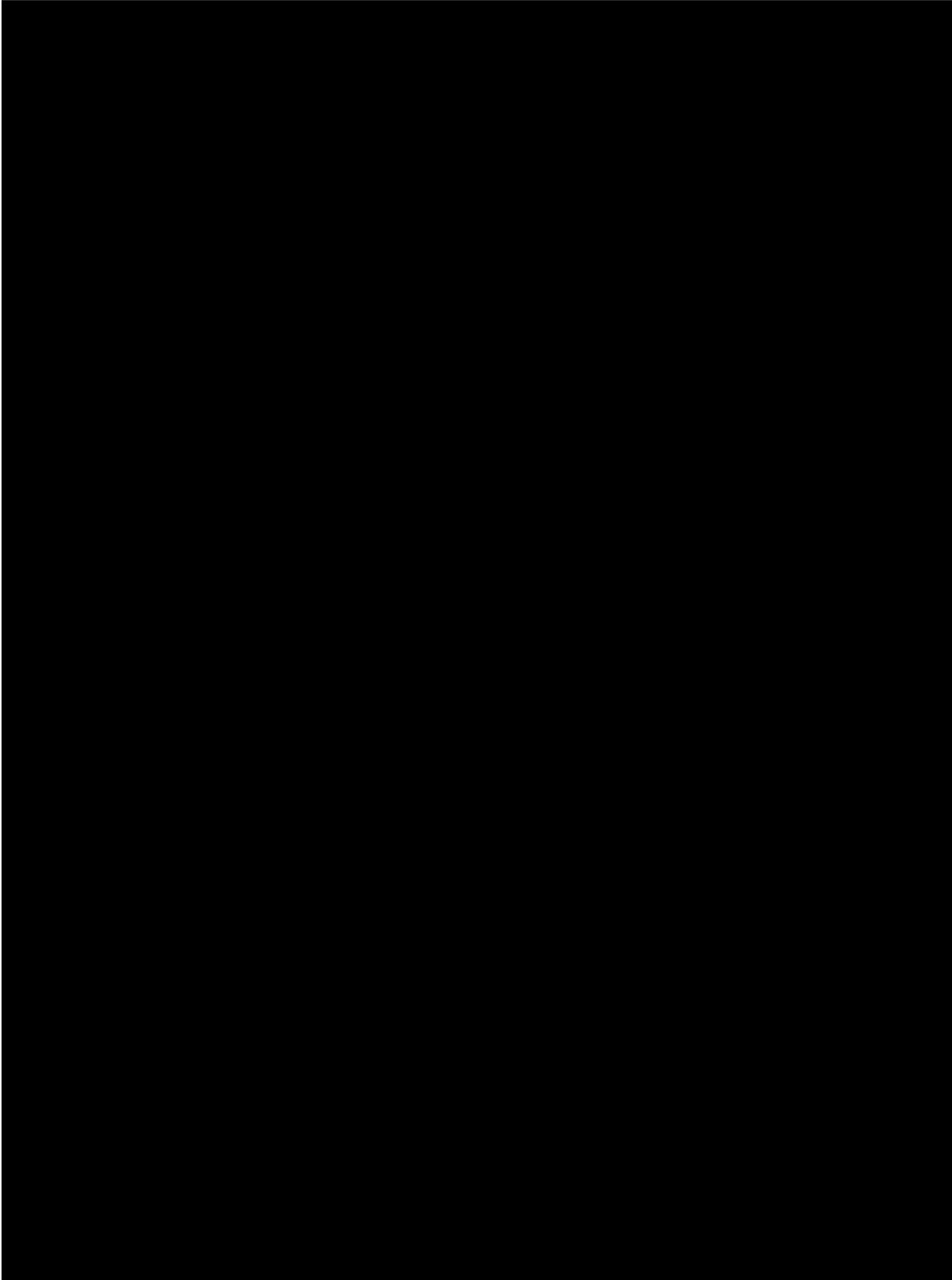
2.2 Caratteristiche sorgenti luminose

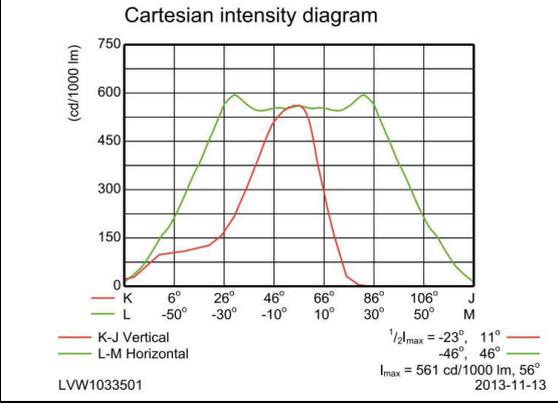


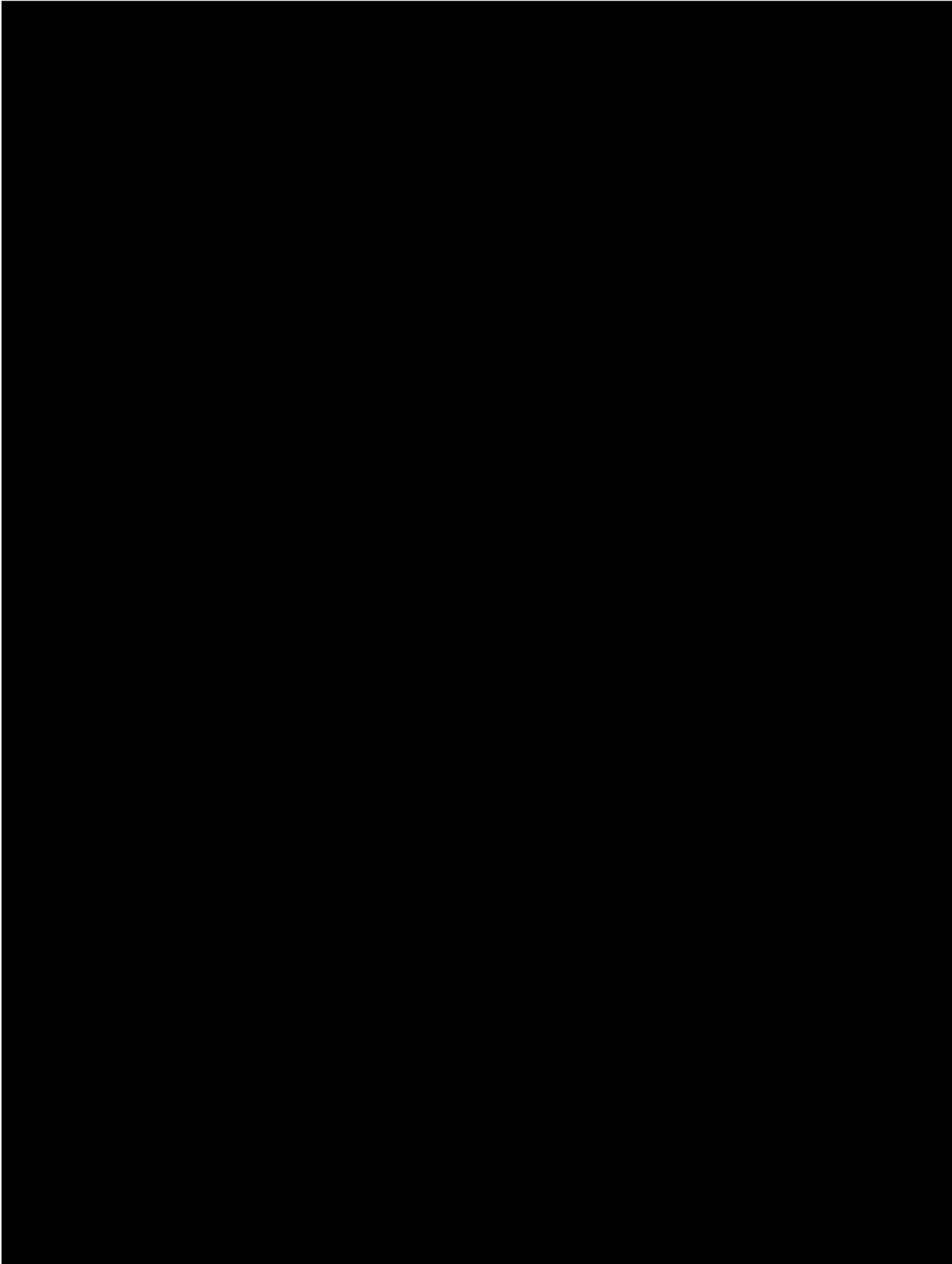


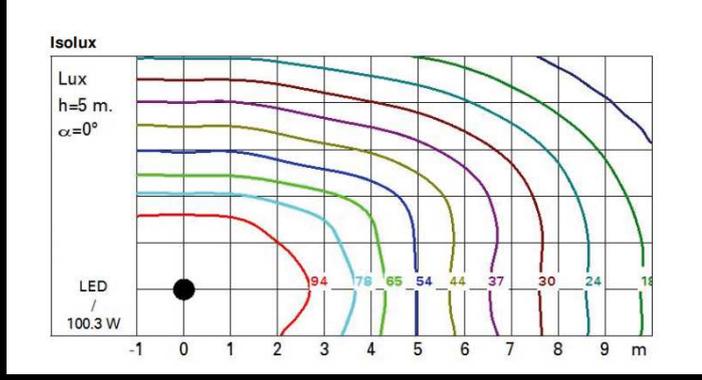
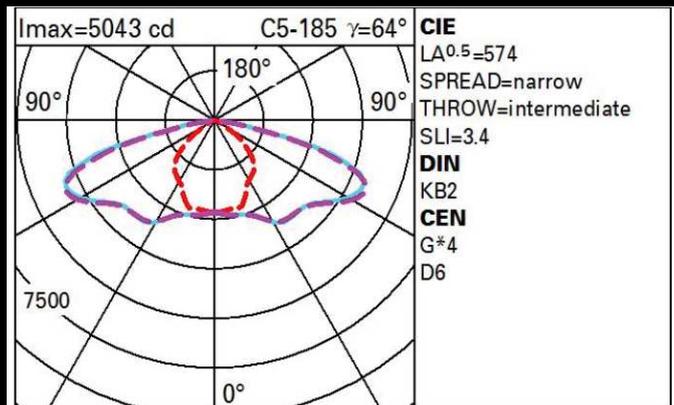












2.3 Consumi energetici

Attualmente il patrimonio impiantistico del Comune di POZZOLO FORMIGARO è composto da n. 1'141 punti luce.

Il consumo energetico è stato determinato sulla base dei dati documentali forniti dall'Amministrazione Comunale e da una analisi puntuale eseguita sul territorio comunale effettuata in fase di censimento dell'impianto.

In base all'analisi della tipologia, conformazione e composizione degli attuali punti luce della pubblica illuminazione, del Comune di POZZOLO FORMIGARO si sono analizzati i consumi per sezione stradale, elaborando una tabella elencando nel dettaglio le strade, il numero dei corpi illuminanti ivi presenti, ed il tipo di lampada esistente con i relativi dati di potenza e consumo energetico. Il calcolo del consumo di energia dell'intero parco lampade cittadino è stimato per il normale funzionamento considerando il totale funzionamento degli impianti, (parco lampade acceso 100% attivo e funzionante) esercizio regolare anche nelle ore notturne dopo la mezzanotte, per un totale di ore standard pari a 4'015h.

ORE DI FUNZIONAMENTO

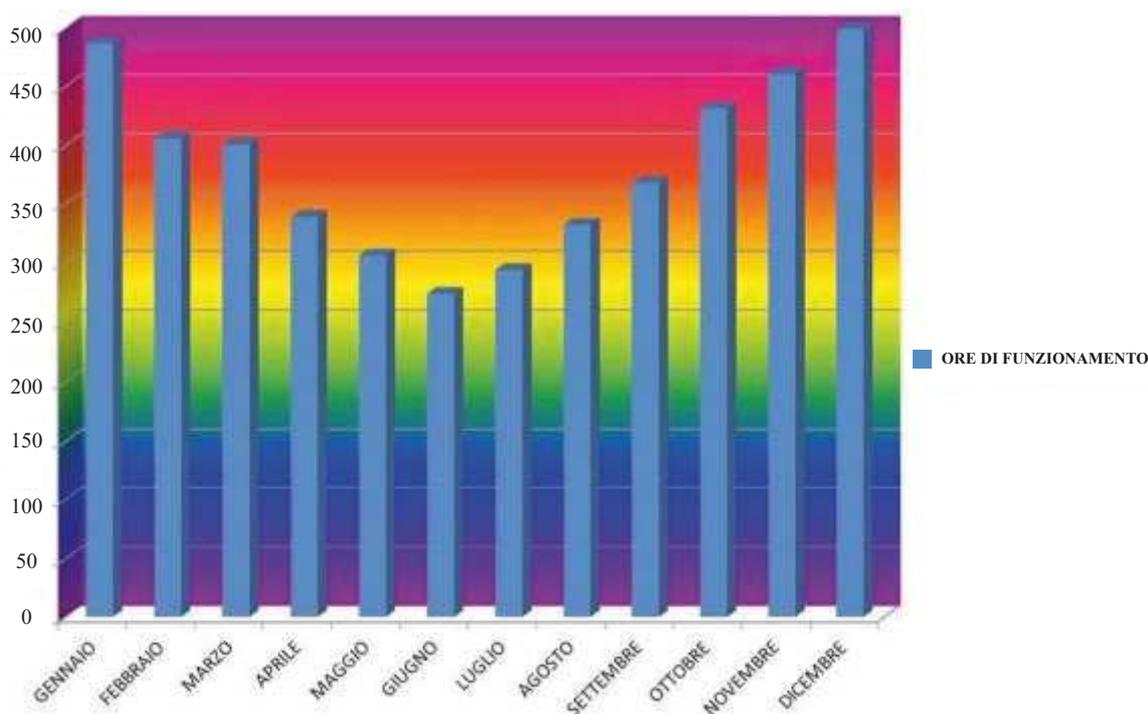
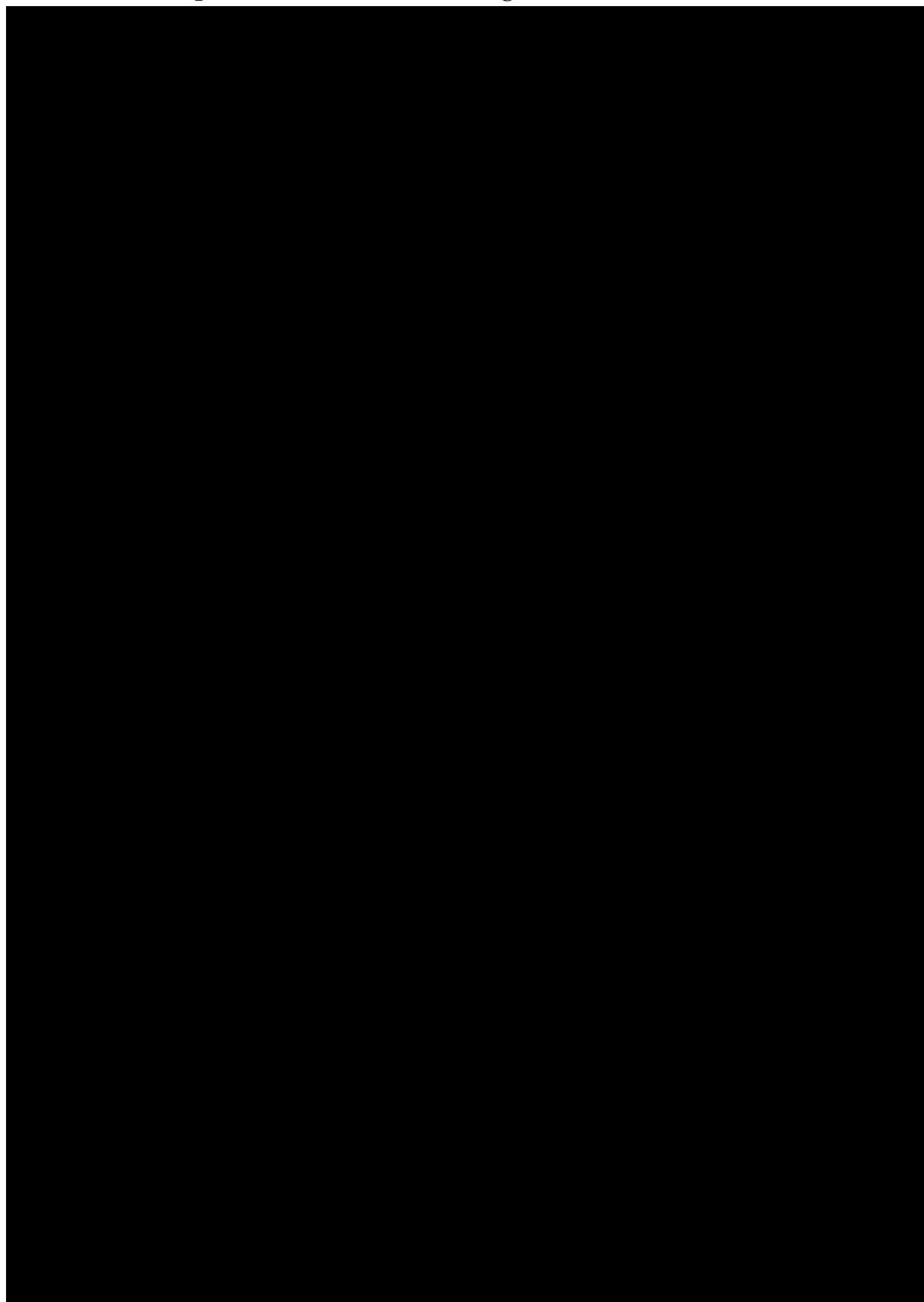
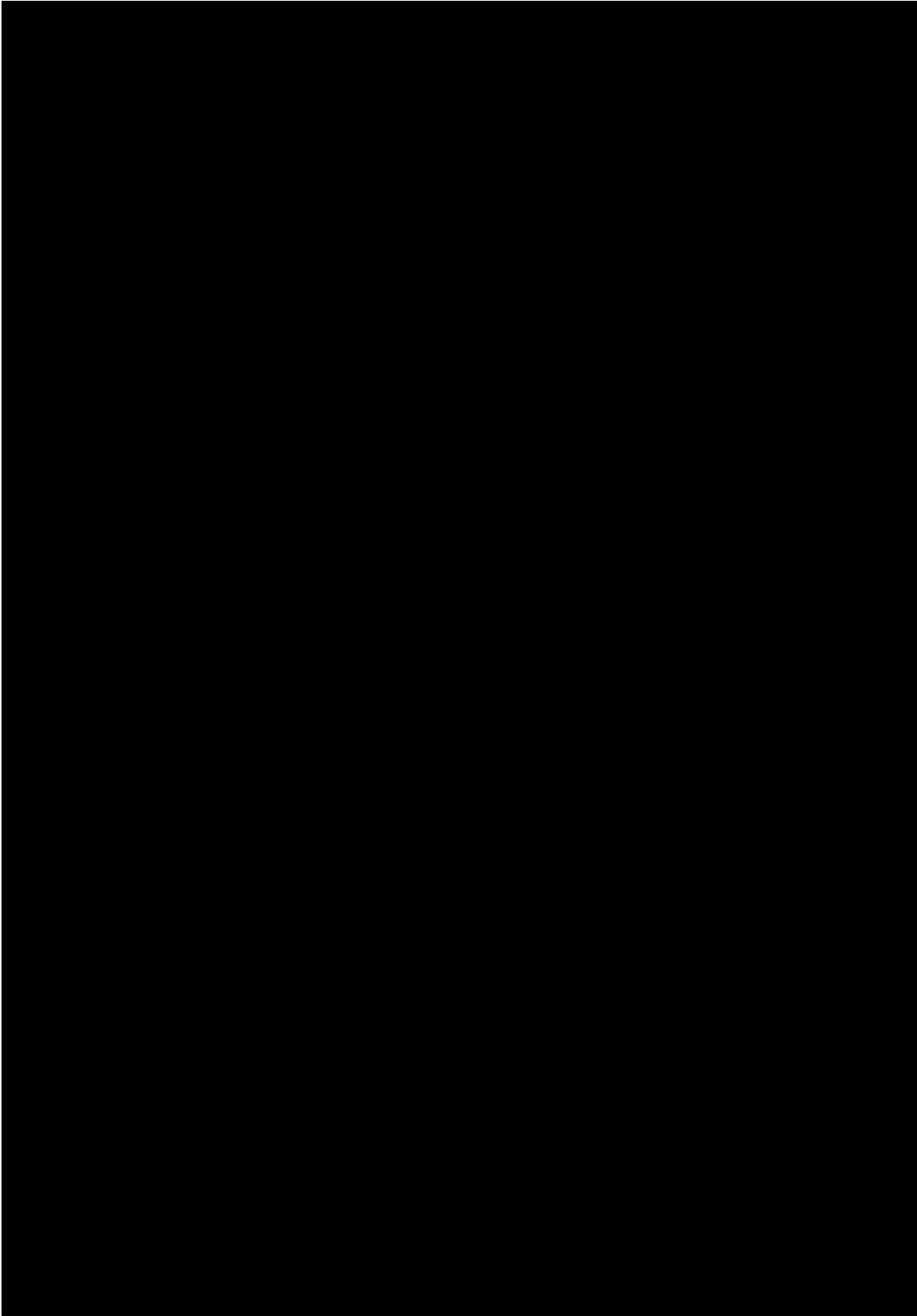
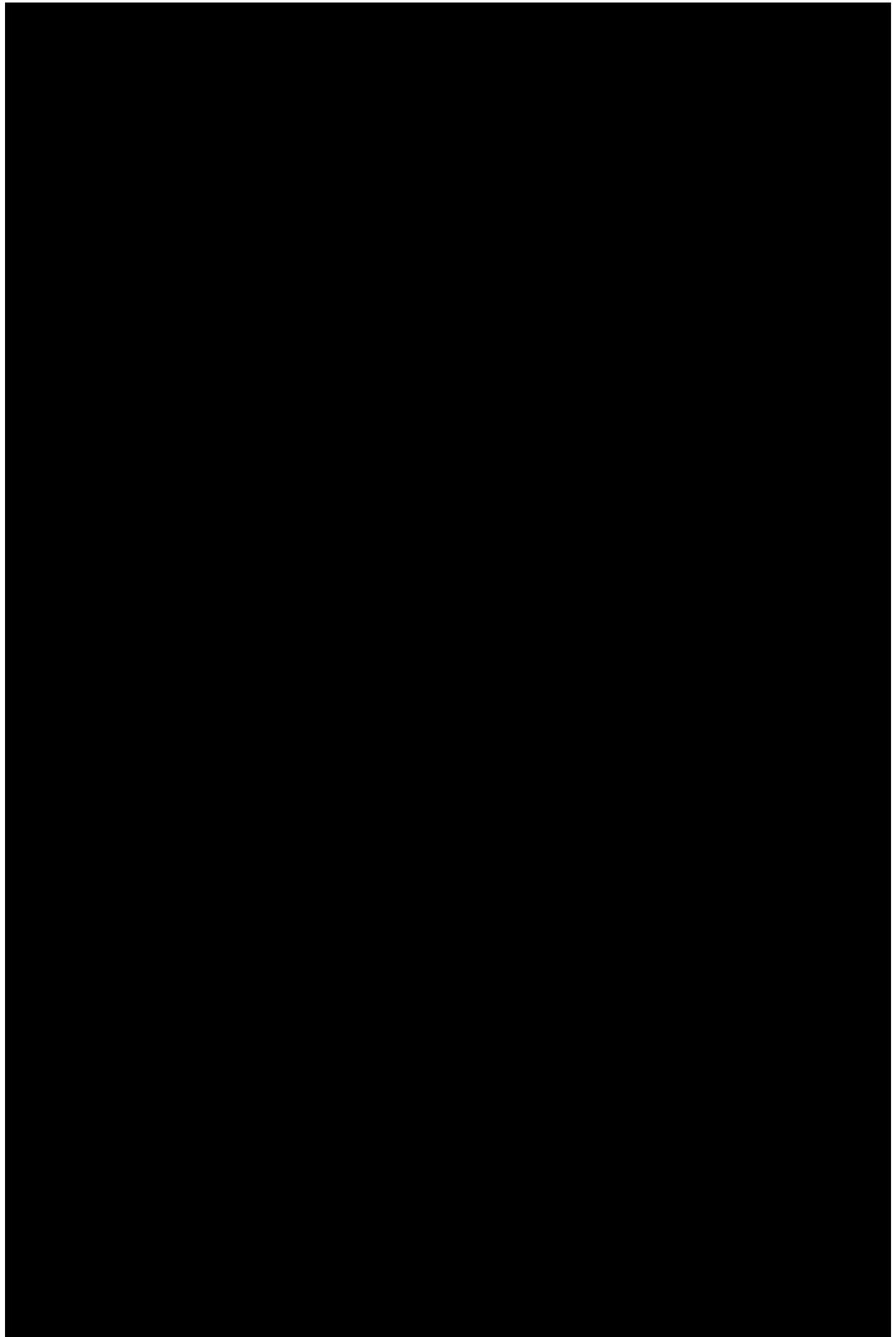


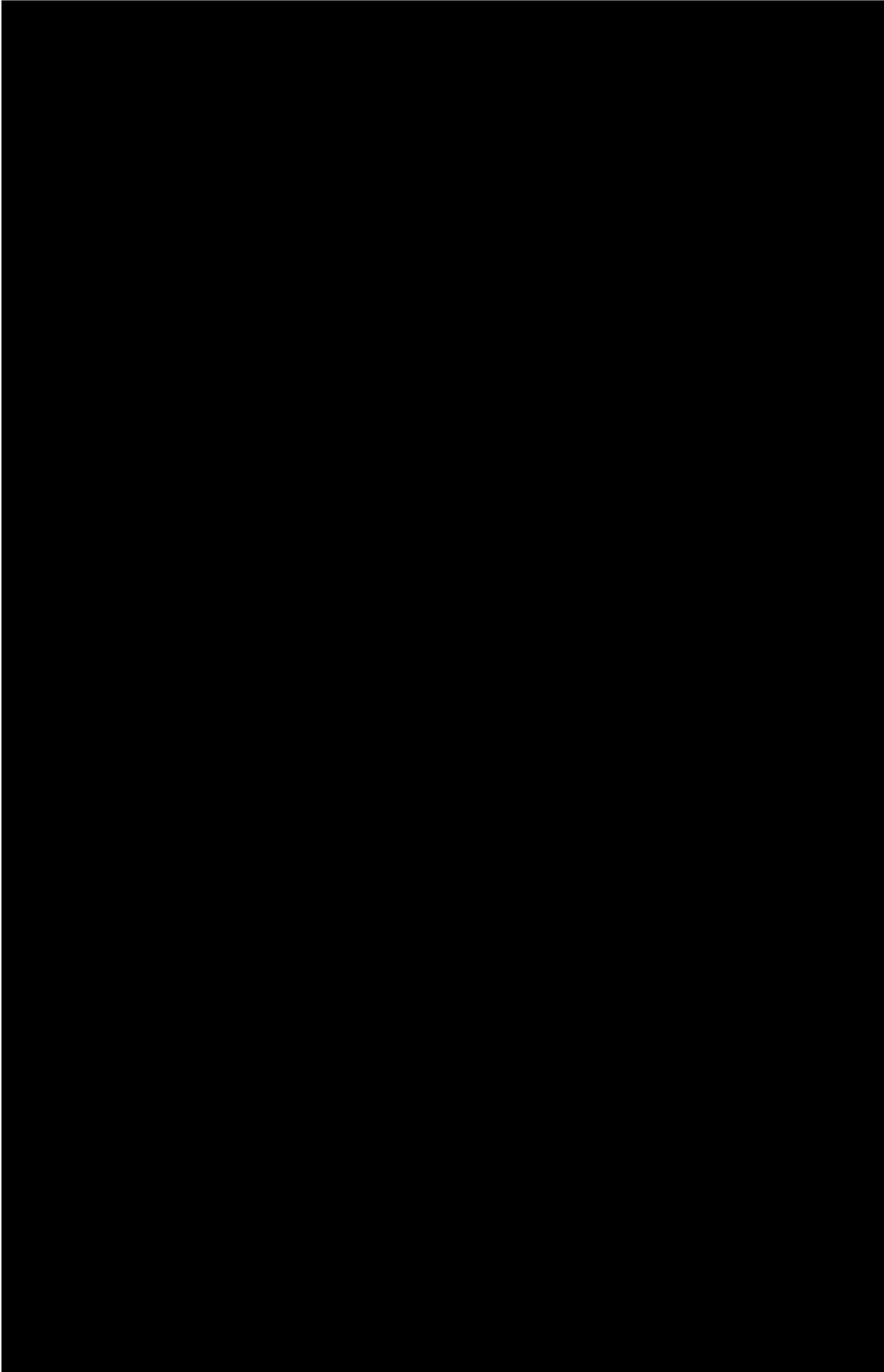
Figura 7: Ore di funzionamento degli impianti di illuminazione pubblica nei diversi mesi dell'anno [7]

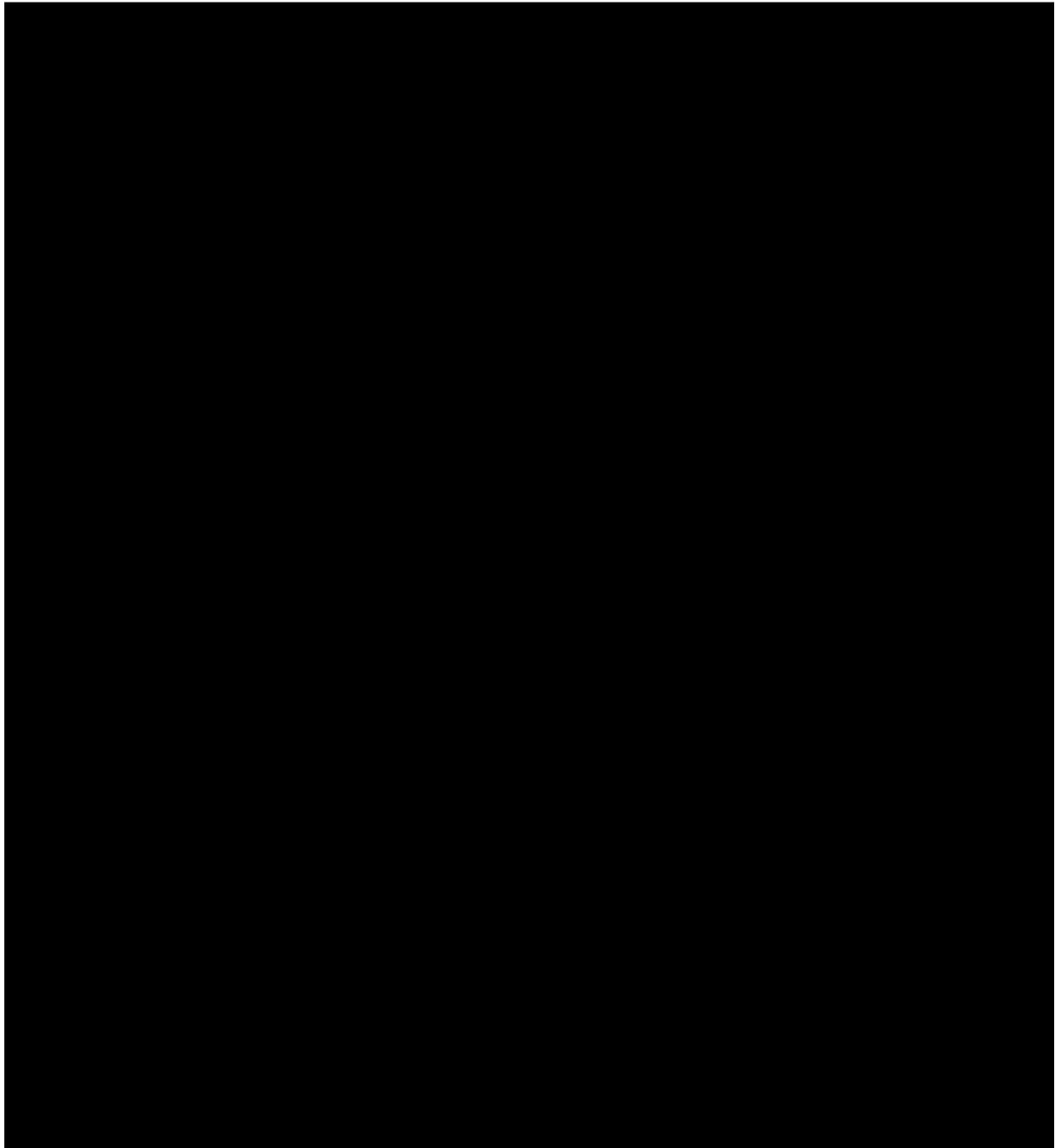
Tabella 2: Elenco delle strade, suddivise per sezione stradale per il numero dei corpi illuminanti ivi presenti, ed il tipo di lampada esistente con i relativi dati di potenza e consumo energetico.











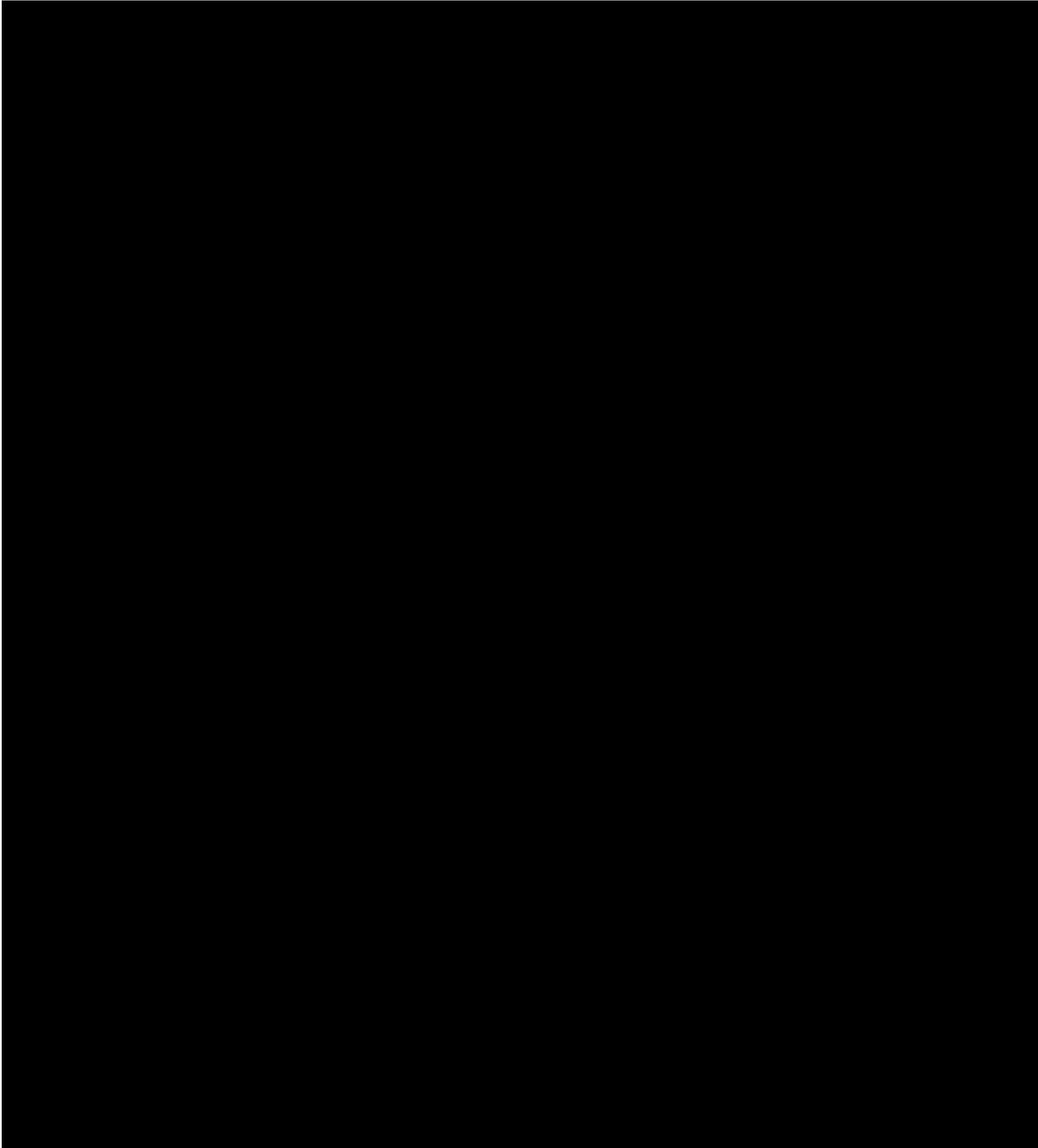
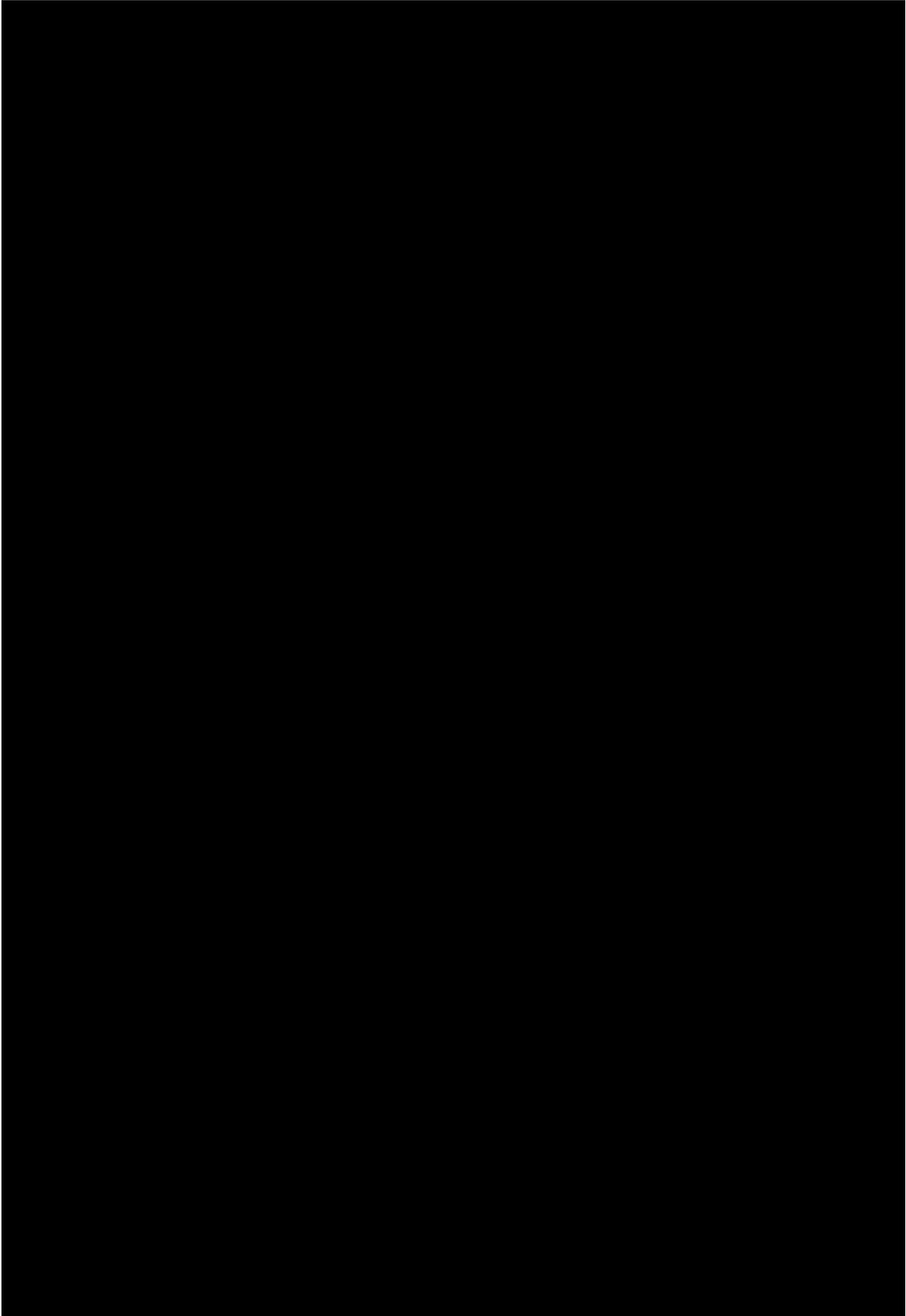
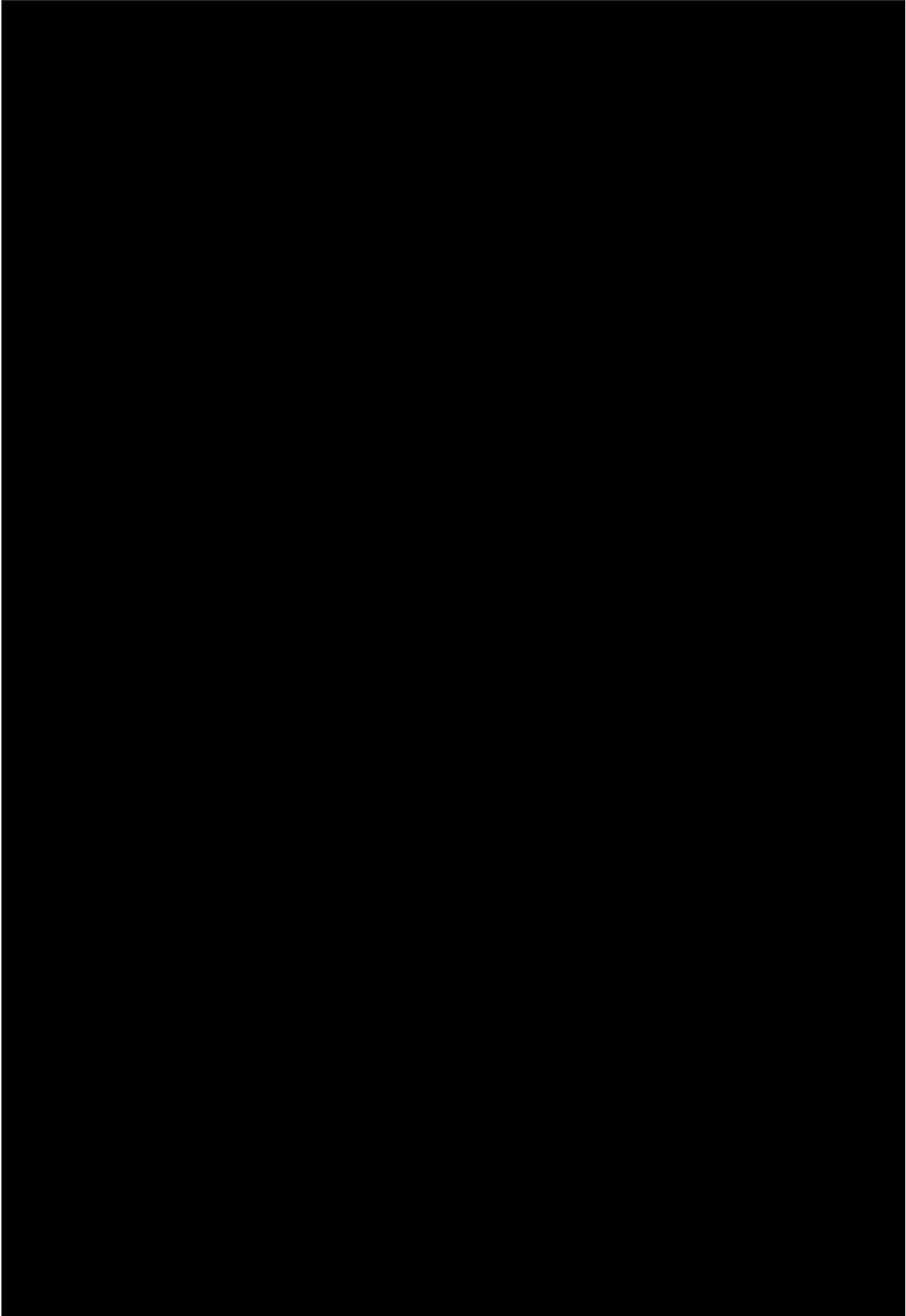
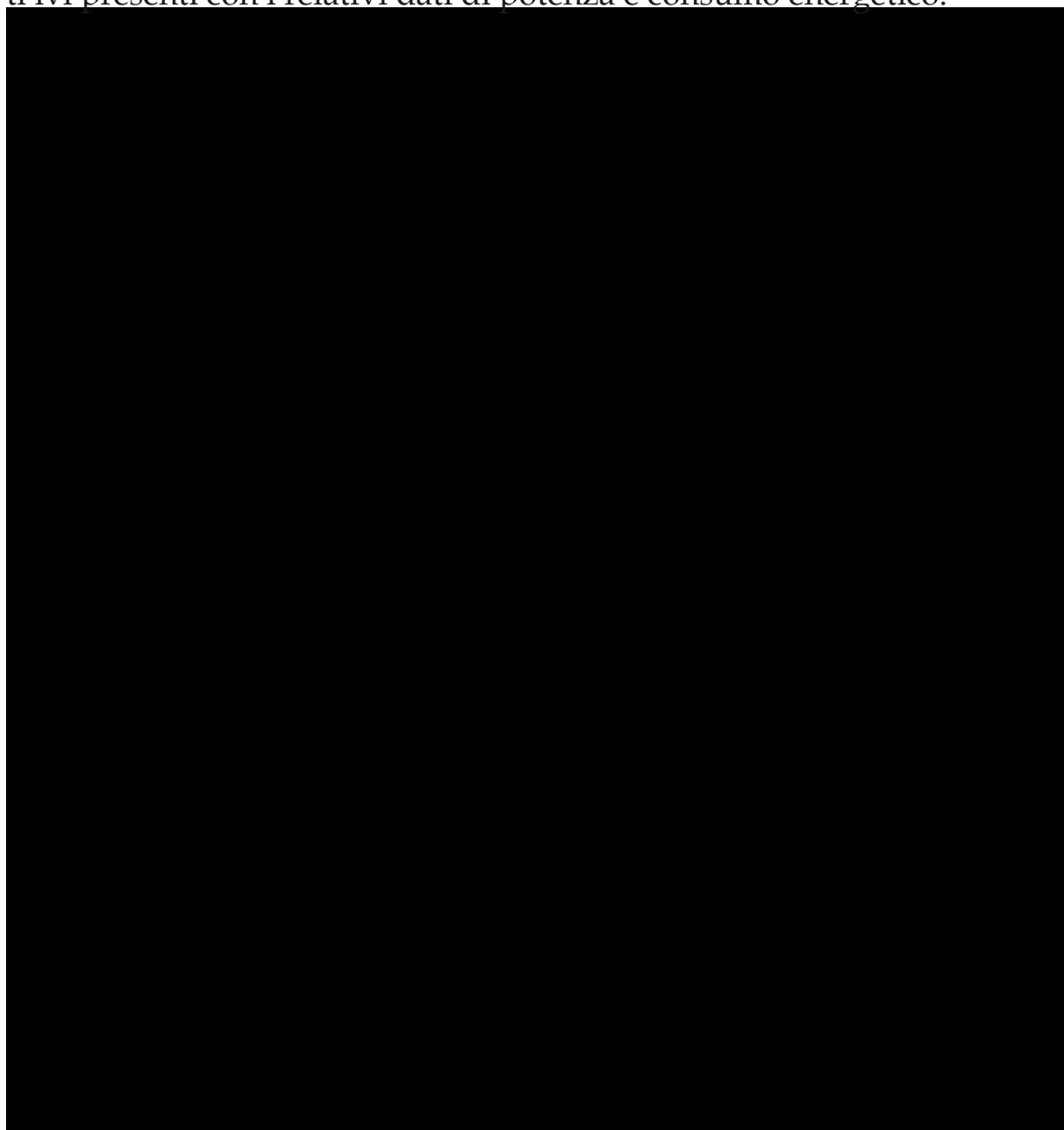


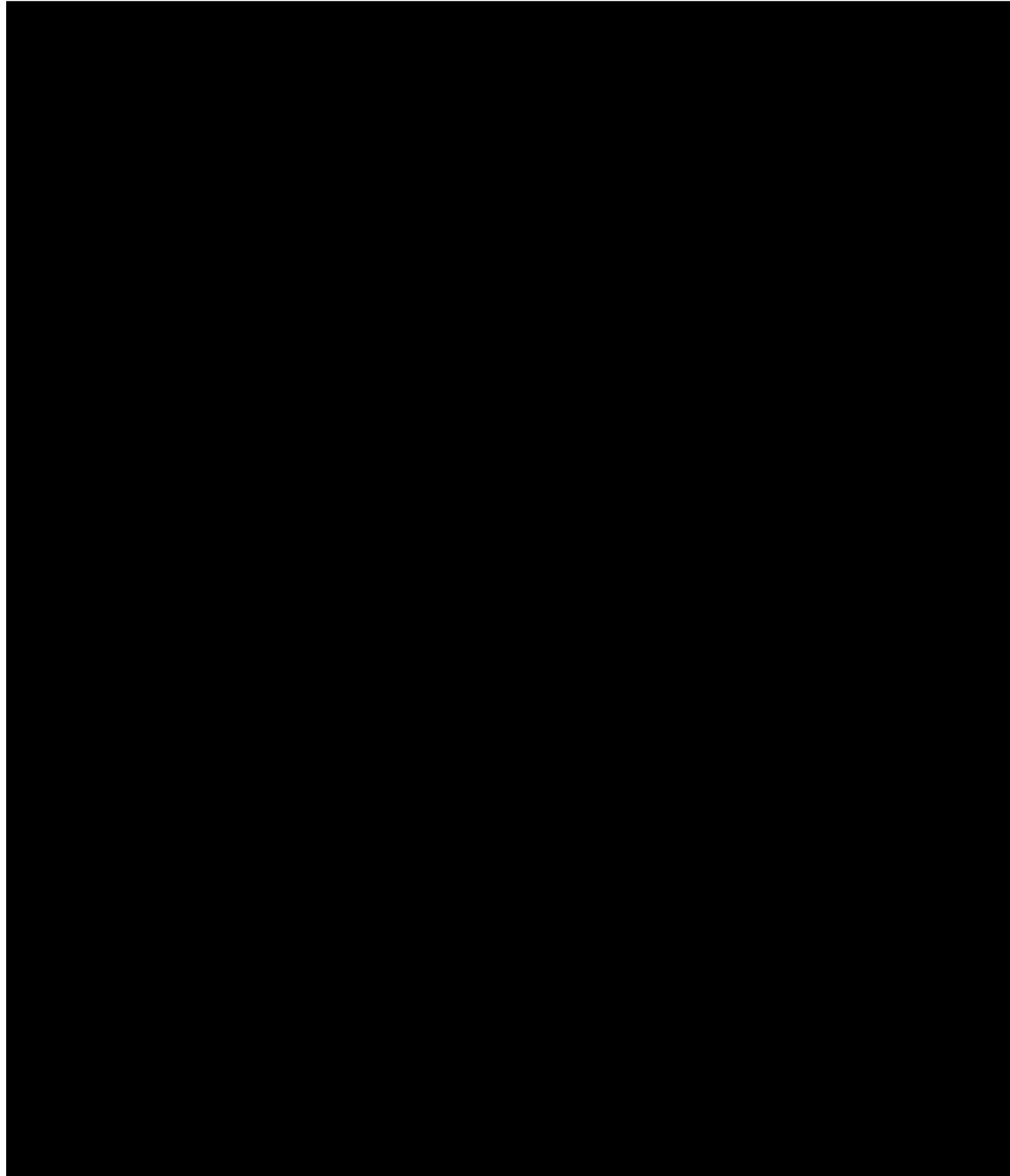
Tavola Sezione stradale con le rispettive lampade





La tabella 3: Elenco dei Quadri elettrici con il numero dei corpi illuminanti ivi presenti con i relativi dati di potenza e consumo energetico.





I consumi energetici riportati nella tabella 2 e nella tabella 3, sono calcolati nel seguente modo:

Consumo energetico annuo Calcolato:

N° delle lampade * Potenza Effettiva * Perdita 15% = Potenza Nominale

$Potenza\ nominale * Ore\ di\ utilizzo / 1000 = Consumo\ energetico\ annuo$

Le lampade attualmente installate sono principalmente del tipo Sodio alta pressione. Si tratta di lampade al Sodio ad alta pressione in cui il reattore di alimentazione è sostituito da un filamento, che funge da limitatore di corrente, collocato assieme alla lampada in un tubo secondario.

La scelta delle sorgenti luminose per l'illuminazione esterna e/o pubblica illuminazione era indirizzata sino a qualche tempo fa all'impiego delle sole lampade a scarica, mentre oggi con l'evoluzione tecnologica del LED il mercato sta voltando verso questa soluzione, maggiormente efficiente. Occorre sottolineare che oltre all'efficienza, le differenze tra le lampade a scarica e quelle a LED sono caratterizzate anche dal fatto che le lampade a scarica hanno bisogno di un tempo di riscaldamento che consente loro di raggiungere la massima luminosità; inoltre, per poter funzionare in modo corretto necessitano dei cosiddetti "ausiliari elettrici" che stabilizzano e innescano la scarica. Le lampade a LED, invece, oltre ad avere un unico dispositivo di accensione chiamato comunemente "driver di alimentazione" completamente elettronico, non richiedono alcun tempo di riscaldamento e la loro accensione è immediata.

Situazione attuale degli impianti

Ore di funzionamento annue	4.015,00 h
Potenza complessiva impianto	200,52 KW
Energia consumata in un anno	805.071,34 kWh

La direttiva ENN 3/08 "Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica" stabilisce che ogni kWh elettrico prodotto è pari a 0.531 di CO₂.

Emissioni di CO₂ in atmosfera

$$805.071,34 \times 0.531 = 427.492,88 \text{ kg di CO}_2$$

La raccolta di tutte le informazioni rilevate sul campo ha definito la situazione chiara dello stato attuale degli impianti, evidenziando i punti nevralgici e le carenze esistenti. A conclusione dello studio è possibile affermare che il parco lampade esistente è caratterizzato da sistemi di illuminazione obsoleti e poco efficienti. La tecnologia delle sorgenti luminose è obsoleta ed è caratterizzata per la quasi totalità da lampade a scarica non a norma.

An aerial photograph of a city grid, with a specific area in the center-right highlighted in a semi-transparent grey. The highlighted area contains several large, rectangular buildings and a network of streets. The rest of the city grid is visible in a lighter, faded tone.

Capitolo 3: Scelte progettuali

3.1 Definizione sorgenti Luminose con Tecnologia LED

Le sorgenti luminose maggiormente diffuse negli impianti di illuminazione pubblica sono quelle ai vapori di mercurio in seguito VM e al sodio ad alta pressione in seguito SAP. In particolari casi, come l'illuminazione di monumenti, sono impiegati anche altri tipi di lampade, come ad esempio quelle a vapore di alogenuri metallici, in seguito JM, che consentono di migliorare notevolmente la resa cromatica. Infine, per alcune utenze particolari, con manutenzione difficile e costosa, possono essere utilizzate lampade ad induzione con acronimo IND, caratterizzate da una vita media di funzionamento di circa 60.000 ore, accensione immediata, ma con costi notevolmente alti per l'acquisto. Da alcuni anni sono presenti sul mercato le sorgenti luminose dotate di chip light emitting diode (diodo ad emissione luminosa) ossia lampade chiamate comunemente con l'acronimo di LED. Il colore della luce utilizzata per l'illuminazione pubblica stradale è bianco, simile all'emissione dei tubi fluorescenti, con differenti tonalità. L'efficienza luminosa, inizialmente bassa, è andata via incrementando e attualmente ha superato i 100 lm/W, con ulteriore prospettiva di crescita. La vita utile è elevata (superiore a 60.000 ore).

La storia del LED – anche se il fenomeno di elettroluminescenza fu scoperto nel 1907 dallo scienziato inglese Henry Round, fu nel 1962 che il fisico americano Nik Holonyak introdusse la prima luce LED visibile mentre lavorava alla General Electric. Si trattava di un LED rosso a base di arseniuro di gallio e fosforo (GaAsP). Grazie alla dimensione minuscola i LED avevano abbastanza intensità luminosa e durata di vita da essere utilizzati nei display di calcolatrici tascabili e orologi digitali durante la prima metà degli anni '70. Nel corso degli anni, la tecnologia è avanzata dal colore rosso, passando per l'arancione, giallo e verde. Nel 1991, la svolta. Il chimico giapponese Shuji Nakamura inventa il primo LED ad alta intensità blu basato su nitruro di gallio (GaN). Era quello che mancava per lo sviluppo del LED bianco visto che la luce blu poteva essere convertita in bianco utilizzando un rivestimento di fosforo. L'evoluzione e l'efficienza di questa tecnologia oggi è nota a tutti dai monitor LCD, ad applicazioni consumer mobili come telefoni cellulari, fotocamere digitali, lettori MP3 e televisori. I LED stanno diventando lo standard nell'illuminazione esterna ed interna grazie alla tonalità, temperatura del colore e luminosità possono essere controllati liberamente, producendo non solo una precisa luce bianca, ma anche una vivida gamma di tonalità sfaccettate adatte a ogni occasione.

Le principali caratteristiche dei LED sono: **Le principali applicazioni sono:**

- Lunga durata di vita
- Funzionamento a basso voltaggio
- Mancanza di manutenzione
- Piccole dimensioni
- Notevole robustezza
- Alta affidabilità anche alle basse temperature
- Colori brillanti e saturi
- Assenza di emissioni ultraviolette e infrarosse

- Illuminazione pubblica
- Illuminazione di nicchie
- Illuminazione di piani di lavoro
- Illuminazione di vetrine e armadi
- Illuminazione di musei

La scelta delle sorgenti luminose per l'illuminazione esterna e/o pubblica illuminazione era indirizzata sino a qualche tempo fa all'impiego delle sole lampade a scarica, mentre oggi con l'evoluzione tecnologica del LED il mercato sta voltando verso questa soluzione, maggiormente efficiente. Occorre sottolineare che oltre all'efficienza, le differenze tra le lampade a scarica e quelle a LED sono caratterizzate anche dal fatto che le lampade a scarica hanno bisogno di un tempo di riscaldamento che consente loro di raggiungere la massima luminosità; inoltre, per poter funzionare in modo corretto necessitano dei cosiddetti "ausiliari elettrici" che stabilizzano e innescano la scarica. Le lampade a LED, invece, oltre ad avere un unico dispositivo di accensione chiamato comunemente "driver di alimentazione" completamente elettronico, non richiedono alcun tempo di riscaldamento e la loro accensione è immediata.

LED		LAMPAD E A SCARICA		
				
LED	INCANDESCENZA	SODIO ALTA PRESSIONE	IODURI METALLICI	VAPORI DI MERCURIO

Figura 8: Confronto fotografico tra le diverse lampade esistenti [8]

Il modulo LED, rappresentato in foto, è uno dei componenti del sistema brevettato da Start Green APP, denominato Multi Led Street® d'ora in avanti anche "MLS". Esso può essere rapportato ad una normale lampada a scarica, per potenza, dimensioni e praticità di sostituzione. Infatti la "lampada LED" del sistema "MLS" ha una potenza che varia dai 10 a 20W è molto leggera e maneggevole (dimensioni 22 cm x 5 cm x 3 cm); alloggiabile su qualsiasi supporto con fissaggio su binario o a vite: l'alimentazione è garantita da una spinetta di connessione. In alternativa al sistema "MLS" è possibile utilizzarne uno analogo. Di seguito sono riportate le principali caratteristiche delle sorgenti luminose:

INDICE DI RESA CROMATICA: l'indice di resa cromatica (Ra), oppure in inglese Color Rendering Index (CRI), di una sorgente luminosa è una misura di quanto "naturali" (rendere i colori allo stesso modo della radiazione solare) appaiano i colori degli oggetti da essa illuminati. Illuminando un oggetto colorato (rosso per esempio) con due sorgenti diverse, caratterizzate da un CRI differente, si può notare come il colore apparirà differente a seconda della sorgente che lo illumina. Esso varia in una scala da 0 a 100, dove 0 è la resa cromatica minima, e 100 è la massima. Quest'ultima corrisponde alla luce naturale esterna, presa come standard di paragone. Convenzionalmente alla sorgente campione è assegnato il valore 100, i valori di riferimento sono:

- Ra > 90 = ottima;
- 70 < Ra ≤ 90 = buona;
- 50 < Ra ≤ 70 = discreta.

TEMPERATURA DI COLORE CORRELATA: (temperatura di colore K): La temperatura di colore corrisponde alla tonalità di luce di una sorgente luminosa. Si misura in Kelvin. Tanto maggiore è la temperatura di colore, quanto più freddo sarà l'aspetto di una sorgente luminosa. Tanto minore è la temperatura di colore, quanto più caldo sarà l'aspetto di una sorgente luminosa. Nel caso degli apparecchi da illuminazione viene presa in considerazione la radiazione emessa nella fascia compresa tra 2650k e 8000k, che va dal cosiddetto bianco caldo al bianco freddo. Le tonalità calde tendono ad un colore giallo, le tonalità fredde presentano sfumature azzurre; mentre le tonalità neutre sono tendenti al bianco.

L'EFFICACIA LUMINOSA: o più comunemente efficienza luminosa di una sorgente è il rapporto tra il flusso luminoso emesso (lumen) e la potenza elettrica assorbita (Watt) e quindi espressa in Lumen/Watt (lm/W). E' un parametro importante della lampada poiché esprime la capacità di emissione luminosa in relazione ai consumi di energia elettrica permettendo un confronto fra le varie tecnologie e tipologie.

DURATA DI VITA: normalmente ci si riferisce alla vita media di una lampada espressa in ore di funzionamento in condizioni di prova normalizzate (quando la lampada smette di funzionare), ma si può parlare anche di durata in termini di vita economica: in questo caso ci si riferisce alle ore di funzionamento, al termine delle quali il livello di illuminazione scende al di sotto di un valore percentualmente prestabilito (lumen ammortamento, per il quale può essere economico sostituire la lampada anche se ancora funzionante).

Sorgente	Potenza	lumen	Ra	K	lm/W	Durata
LED	10÷400	100÷40000	>70	3000÷5500	100	50000÷80000
SAP	50÷1000	3400÷130000	20÷65	1950÷2200	65÷130	12000÷16000
JM	70÷2000	6500÷190000	60÷90	4500÷5000	57÷74	14000÷20000
VM	50÷1000	1800÷50000	35÷59	3500÷4400	36÷58	14000÷20000
IND	50÷165	3500÷12000	80÷85	3000÷4000	65	60000

Tabella 1: Indicatore delle principali caratteristiche delle lampade.

Per avere un confronto tra le varie tipologie di lampade e valutarne la potenzialità ed efficacia è possibile ricorrere ad un giudizio sintetico sulla base di una indicazione schematica, seppur semplice, di quelli che sono i pregi e i difetti di ciascuna tipologia di lampada, secondo i criteri indicati nella seguente tabella.

Caratteristiche apparecchi di illuminazione proposti	Giudizio	Efficienza (lm/w)	Confort visivo Ra	Vita media (h*1000)	Impatto ecologico
	Pessimo	≤ 60	≤ 20	≤ 5	>>Hg/Pb
	Mediocre	$60 < \eta \leq 80$	$20 < Ra \leq 50$	$60 < Vm \leq 60$	Hg/Pb
	Discreto	$80 < \eta \leq 100$	$50 < Ra \leq 70$	$10 < Vm \leq 20$	Hg ridotto
	Buono	$100 < \eta \leq 120$	$70 < Ra \leq 90$	$20 < Vm \leq 30$	Assente
	Ottimo	> 120	> 90	> 30	Assente

Tabella 2: Indicatore di pregi e difetti delle lampade

Chiaramente l'efficienza è il parametro fondamentale per ottenere l'auspicato risparmio energetico, ma deve essere possibilmente allineato anche con gli altri parametri: una sorgente dovrebbe presentare ottima efficienza, bassi costi di manutenzione, legati ad una lunga vita media (insieme ad un limitato costo di acquisto) oltre a garantire un basso impatto ambientale, ovvero assenza di sostanze nocive al suo interno. La presenza nelle lampade di importanti quantità di tale sostanze, o anche altre, le fanno declassare nella valutazione di impatto ecologico. La sorgente luminosa composta da lampada con tecnologia LED.

Le ottiche di cui si dota il sistema consentiranno di eliminare l'inquinamento luminoso.

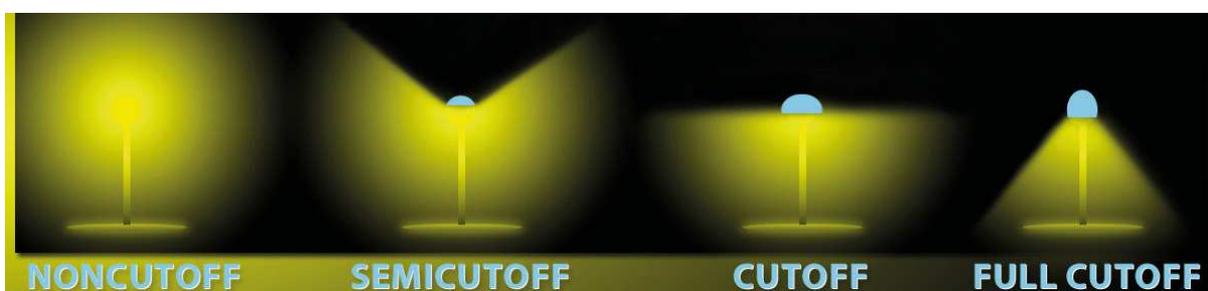


Figura 9: Illuminazione cut-off [9]

Gli obiettivi primari degli interventi sono, dunque, il risparmio energetico e la riduzione dell'inquinamento luminoso, il miglioramento delle condizioni di sicurezza dei cittadini e la sicurezza stradale secondo gli ultimi standard tecnici e normativi di riferimento.

3.2 Tecnologia adottata

Le problematiche della pubblica illuminazione relative al risparmio energetico, all'inquinamento luminoso ed alla sicurezza stradale, evidenziano come unica soluzione la necessità di ammodernare gli impianti.

Lo scopo dell'intervento, di cui alla presente proposta progettuale, è di dotare il Comune di POZZOLO FORMIGARO di un sistema di pubblica illuminazione che comporti la riduzione dei consumi energetici, attraverso la sostituzione delle attuali sorgenti luminose con nuove dotate di tecnologia LED in grado di assicurare una maggiore efficienza nel tempo.

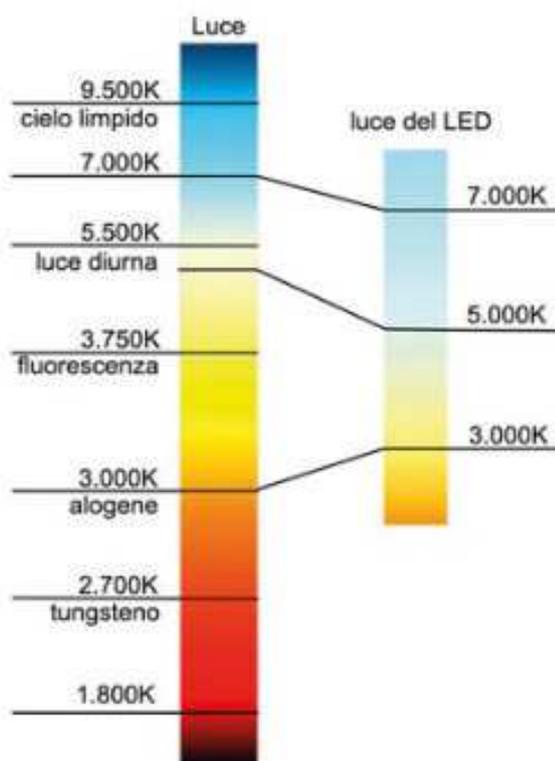


Figura 10: Temperatura di colore delle lampade LED in scala Kelvin [10]

Il termine LED rappresenta l'acronimo di LIGHT EMITTING DIODE (diode ad emissione luminosa), un componente che emette luce monocromatica al passaggio di corrente elettrica. Il mercato attualmente è caratterizzato da LED ad alta resa cromatica ($RA \geq 70$) e temperature di colore da 2650K a 8000K. La luminosità, l'omogeneità e la resa cromatica dei LED sono state migliorate notevolmente ed oggi sono sempre più utilizzati nella illuminazione pubblica. I vantaggi dell'utilizzo di tale tecnologia sono:

- *ecologici*: in quanto nella produzione del LED non vengono utilizzati metalli pesanti;
- *gestionali*: in quanto il controllo totale del flusso luminoso garantisce un sistema molto efficiente e senza sprechi;
- *ergonomici*: poiché il flusso può essere direzionato esclusivamente dove serve, senza dispersioni di luce e di energia, con il vantaggio che l'eventuale inefficienza di un componente non comporta lo spegnimento dell'impianto.

Inoltre, l'innovazione tecnologica ha comportato l'introduzione di rilevanti modifiche agli apparecchi di illuminazione, attraverso la realizzazione di ottiche in grado di ottimizzare la potenza delle lampade. Pertanto, i LED si stanno oggi affermando come sorgenti luminose associate ad un concetto di illuminazione sostenibile, in grado di conciliare consumi energetici ridotti e trascurabili problemi di smaltimento, in quanto non contengono né mercurio né altri elementi chimici inquinanti. Le loro caratteristiche e la loro vita utile completano il loro perfetto inserimento in qualsiasi progetto che voglia coniugare tecnologia ed ambiente. L'immagine urbana del Comune di Pozzolo Formigaro sarà migliorata con l'uso di apparecchi di illuminazione idonei e di aspetto, forma, colore, dimensioni e materiali adatti al contesto. Le tipologie utilizzate non saranno invasive ponendo grande attenzione anche all'impatto diurno, specialmente nei contesti che riguardano l'illuminazione "artistica".



Gli apparecchi di illuminazione saranno ridotti a poche tipologie, per garantire uniformità e caratterizzare l'immagine urbana dell'abitato. I luoghi di aggregazione sociale saranno illuminati in modo da valorizzare l'architettura e favorire l'incontro e la permanenza, mediante:

- il massimo confort visivo;
- la minimizzazione o l'annullamento degli effetti di inquinamento luminoso, attuato attraverso l'eliminazione della dispersione del flusso luminoso oltre il piano dell'orizzonte;
- la limitazione dell'abbagliamento diretto;
- la valorizzazione delle strutture architettoniche ed ambientali.

3.3 Obiettivi da perseguire

L'obiettivo perseguito nella presente tesi consiste nell'illuminare gli spazi pubblici del comune in esame in modo più efficace, dando più sicurezza ai cittadini, evitando gli sprechi di energia, installando apparecchiature ad alta efficienza energetica per avere un risparmio economico importante, una riduzione dell'inquinamento atmosferico e dell'emissione di anidride carbonica (CO₂) nell'atmosfera, per ottenere una notevole riduzione anche dell'inquinamento luminoso, sfruttando sistemi innovativi e tecnologie di avanguardia nella ristrutturazione e nell'installazione di nuove apparecchiature, senza alcun aggravio economico per l'amministrazione comunale e conseguentemente per i cittadini.

Pertanto l'intervento proposto consiste nell'installazione di nuovi apparecchi illuminanti tali da permettere una riduzione dei consumi energetici. I corpi illuminanti riqualificati renderanno i luoghi di passaggio e di sosta uniformemente più luminosi e quindi più sicuri sia per il transito veicolare che per il passaggio ciclo-pedonale.

Inoltre, i quadri verranno messi in sicurezza in relazione ai punti luce nell'Area di Intervento.

Al fine di raggiungere gli obiettivi sopra descritti la proposta prevede la completa messa a norma degli impianti in particolar modo le lavorazioni saranno rivolte verso i seguenti elementi:

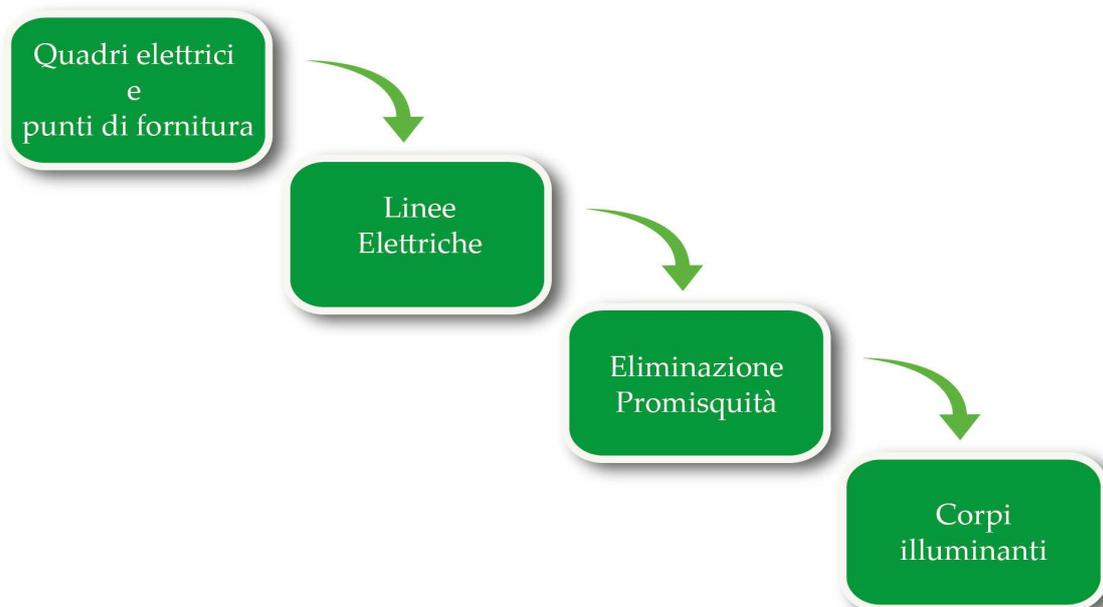
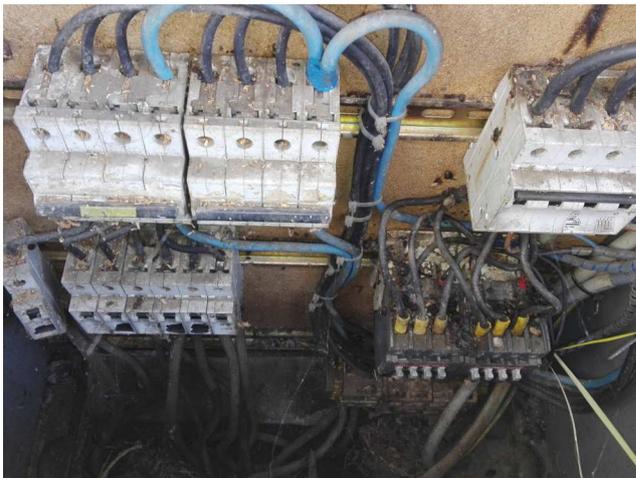


Figura 11: Rappresentazione delle fasi progettuali [11]

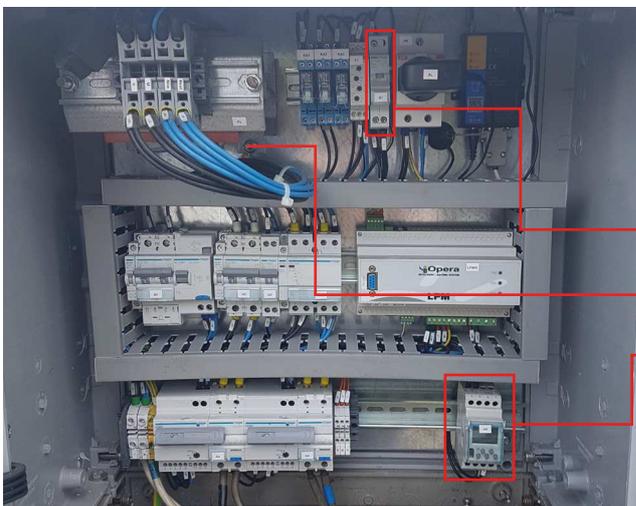
3.4 Quadri Elettrici

Dalle analisi svolte sul territorio è emerso che i quadri elettrici sono inadeguati dal punto di vista della normativa e carenti dal punto di vista della sicurezza elettrica. Inoltre, sono privi di protezioni dal punto di vista elettrico contro i contatti diretti ed indiretti e in alcuni casi sono in un precario stato di conservazione, di conseguenza tutti i 36 quadri elettrici saranno sostituiti, le attività previste riguardano:

- Installazione di n. 36 quadri elettrici conformi alla normativa CEI 17-13
- Rimozione degli armadi esistenti;
- Installazione di nuove apparecchiature elettriche ed elettroniche necessarie alla protezione delle linee e delle utenze finali;
- Installazione di interruttori salvavita;
- Installazione sistemi astronomici di accensione.



Reperto fotografico dello stato attuale dei Quadri Elettrici

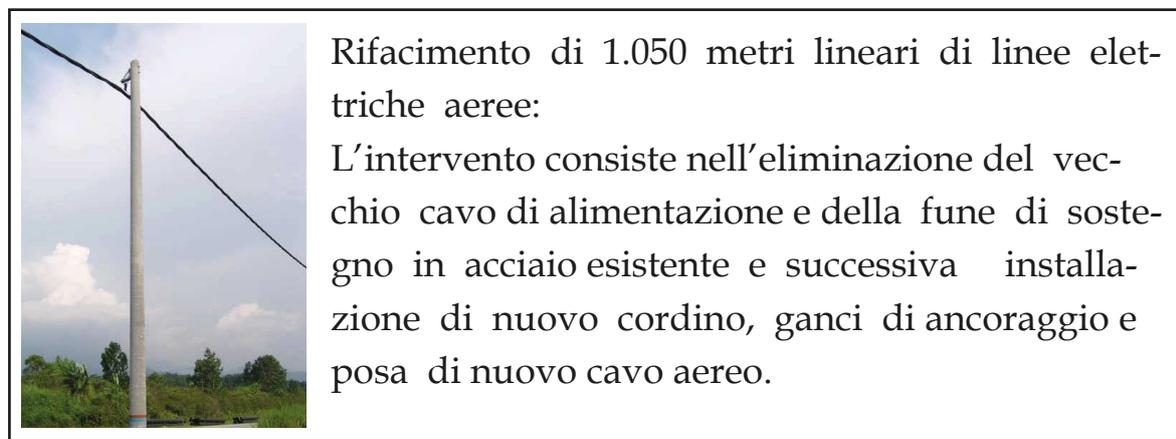


Reperto fotografico dello stato Post Operam

- Interruttore salvavita
- Protezione delle linee
- Accensione Astronomica

3.5 Linee Elettriche

Interventi di sostituzione di alcuni tratti di linee aeree e rifacimento di giunzioni elettriche BT, sia in cassetta che in pozzetto di derivazione. In particolare i principali interventi previsti con il seguente progetto riguardano:



3.6 Eliminazione Promiscuità

L'analisi condotta a seguito di una verifica dello stato di conservazione degli impianti esistenti, ha rilevato, principalmente nella zona urbana centrale, come indicato nella Mappa sottostante, di Pozzolo Formigaro, la presenza di "promiscuità meccanica" per un totale di circa **n.34** punti luce effetto della condivisione di sostegni a palo o a muro tra gli impianti di alimentazione della pubblica illuminazione e gli impianti di Enel Distribuzione. Riguardo a questo specifico aspetto la soluzione prevista è quella di eliminare completamente le "promiscuità" presenti. Il progetto prevede la rimozione delle linee e dei sostegni appoggiati su muro e infrastrutture del distributore, la realizzazione di nuove canalizzazione aeree e l'installazione di nuovi pali e bracci. Ne scaturiranno, in tal modo, notevoli vantaggi derivanti dalla eliminazione di degrado ambientale migliorando l'immagine complessiva di questi tessuti urbanistici.



Figura 12: Estratto della mappa che indica la posizione delle promiscuità del Comune di Pozzolo Formigaro [12]

3.7 Progetto illuminotecnico

In base alle leggi riportate nei capitoli precedenti, si è provveduto alla scelta dei componenti più adatti in relazione alla classificazione Illuminotecnica delle strade e dell'individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento per l'analisi dei rischi. In allegato alla proposta sono riportati alcuni dei calcoli fotometrici eseguiti su parte delle strade del territorio urbano del Comune di POZZOLO FORMIGARO utilizzando un software professionale (DIALUX). Le aree oggetto di verifica illuminotecnica sono rappresentate nell'elaborato grafico progettuale "Calcoli Illuminotecnici".



Allegati:

- Calcolo Illuminotecnico C4
- Calcolo Illuminotecnico M3
- Calcolo Illuminotecnico M4
- Calcolo Illuminotecnico M5

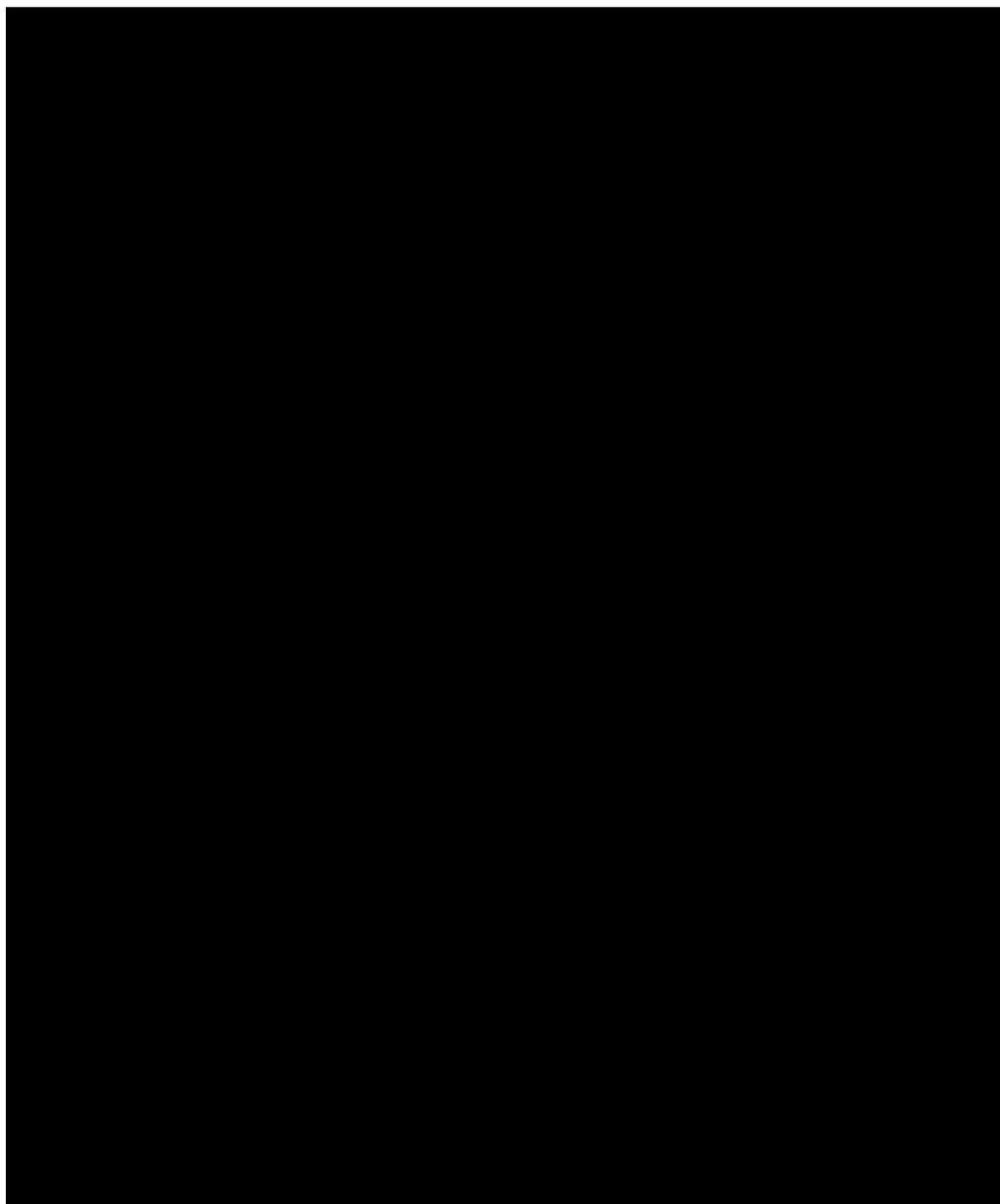
Sostituzione, riqualificazione e ammodernamento di n. 1'141 corpi illuminanti di cui:

- n. 1'135 saranno completamente sostituiti mediante l'installazione di sorgenti luminose dotati di tecnologia LED,
- n. 16 corpi illuminanti ritenuti efficienti

Il passaggio alle lampade munite di tecnologia LED, in conseguenza degli interventi progettuali previsti permette di ridurre oltre alla potenza elettrica anche quella dovuta alle perdite di rete, tale riduzione abbinata agli altri interventi di efficientamento energetico contribuisce in maniera sostanziale al raggiungimento del livello di risparmio energetico previsto.

Una volta classificato le strade come enunciato dalla normativa **UNI 11248 2016**, si è proceduto al calcolo illuminotecnico, eseguito con il programma Dialux, inserendo al suo interno la sezione stradale in progettazione e l'interdistanza dei sostegni ivi presenti.

Di seguito viene riportato un esempio sulla strada ID 133 ovvero Via delle Ghiare_02



Con il calcolo illuminotecnico si creano isolinee sul piano illuminato che riportano i valori di illuminamento proiettati sul piano stesso.

Data una sorgente che emette luce con una certa temperatura di colore, si va a paragonare la resa di colore di detta sorgente con la superficie da illuminare. Questa operazione di resa del colore per paragone viene effettuata su otto colori di riferimento, opportunamente distribuiti in tutto lo spettro visibile e precisamente:

Rosso (ottima illuminazione), Giallo, Giallo-Verde, Verde, Verde-bluastro, Blu-violaceo, Violetto, Porpora rossastro (pesima illuminazione).

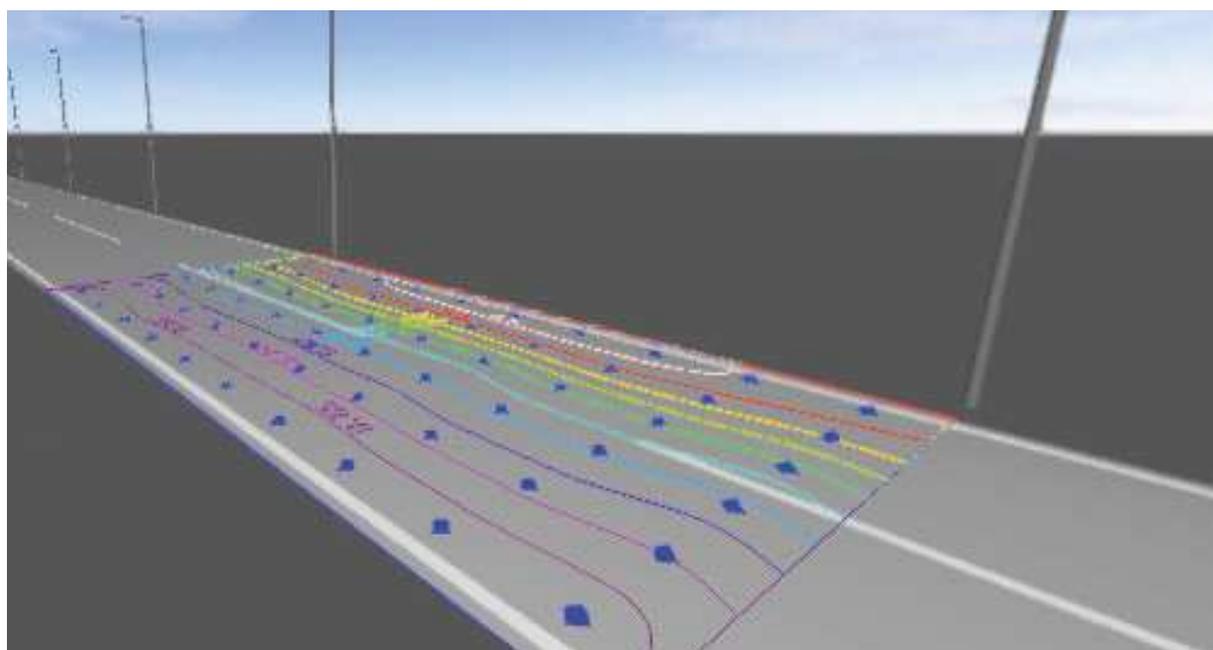
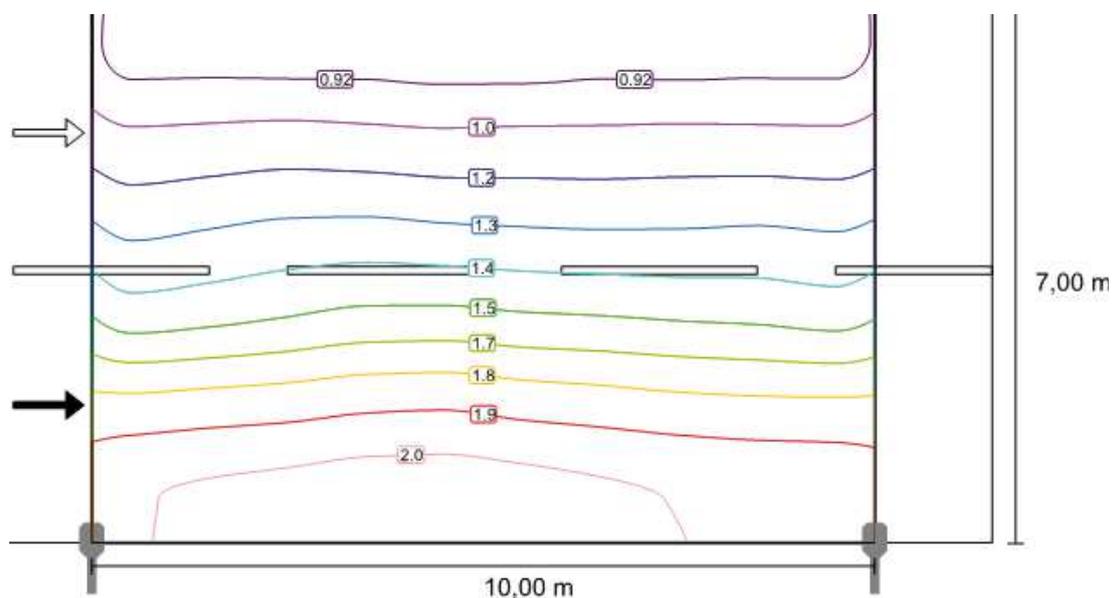
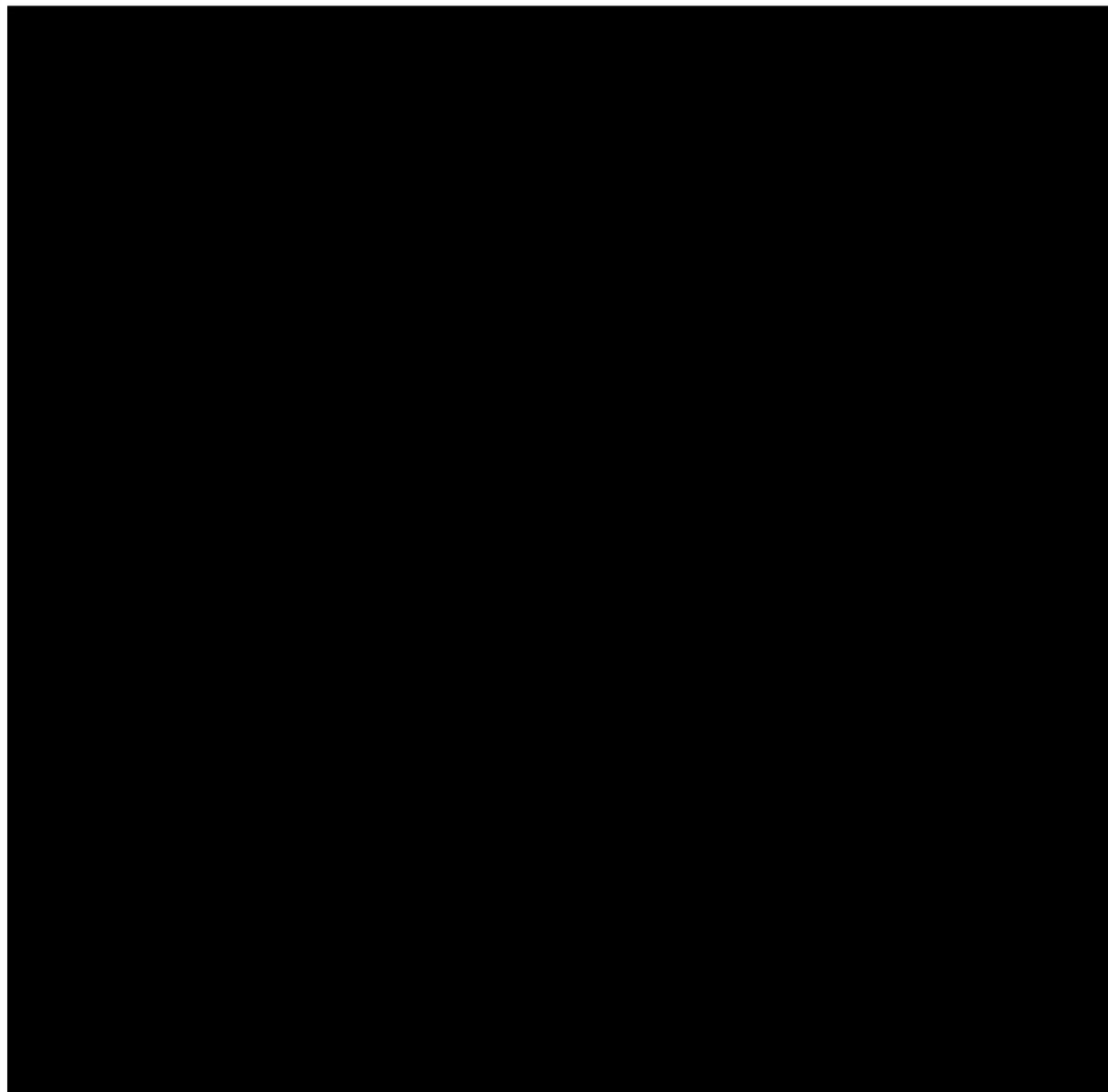
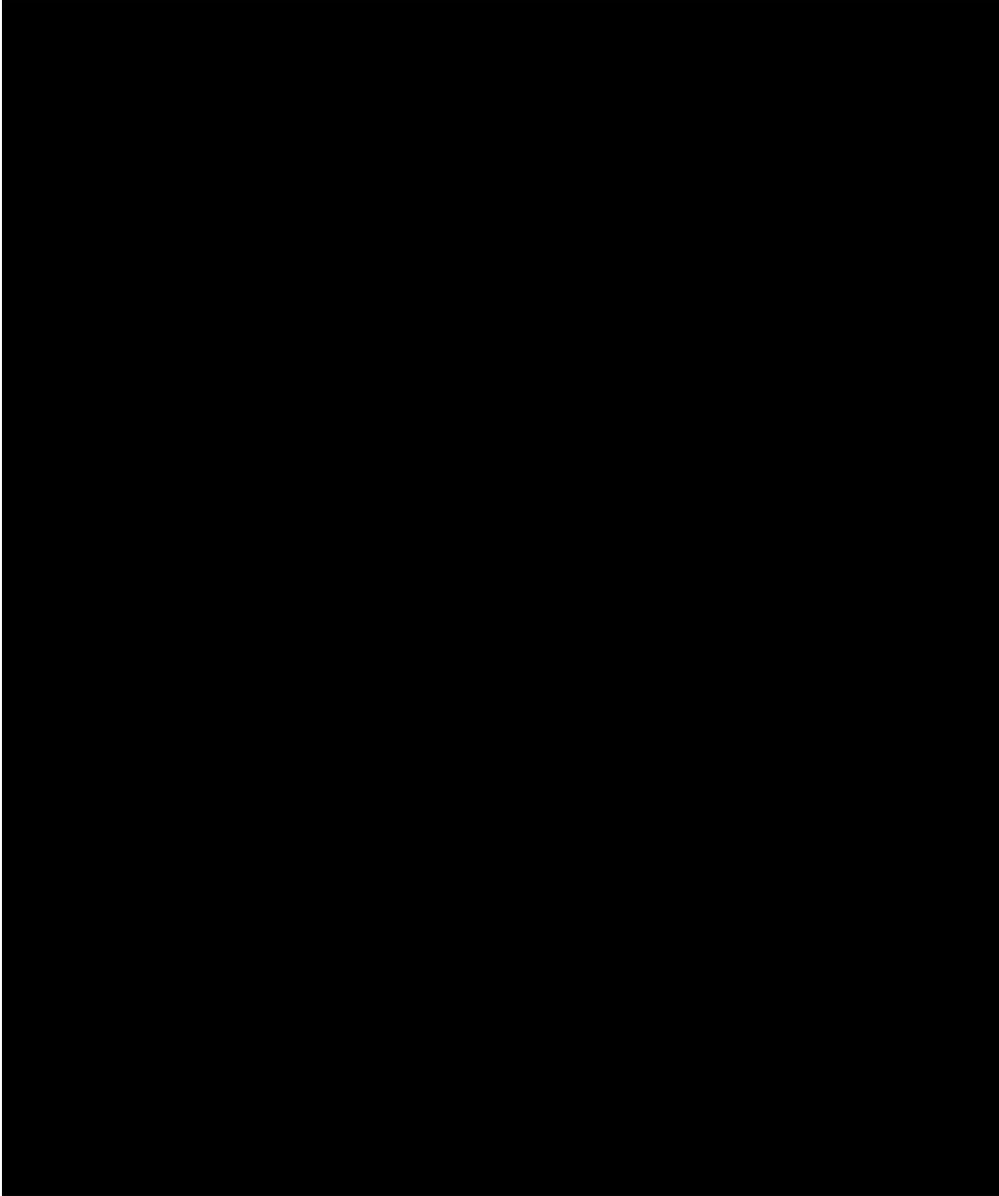


Tabella 4: descrizione in maniera schematica e tabellare degli interventi di ammodernamento tecnologico previsti sui centri luminosi. I dati riportati nella seguente tabella evidenziano le nuove lampade con Tecnologia Led e i loro W, tali dati derivano del Progetto illuminotecnico eseguito su una parte delle sezioni stradali elencate precedentemente, al fine di avere i dati utili per evidenziare il risparmio energetico che si può ottenere.





Dopo aver effettuato i calcoli illuminotecnici, si evince che i consumi energetici sono i seguenti:

CONSUMI DOPO L'INTERVENTO

Ore i Funzionamento annue	4.015,00 h
Potenza complessiva impianto	22,90 KW
Energia consumata in un anno	91'935,97 kWh
Emissioni di CO2 in atmosfera	48'817,73 kg di CO2

In seguito, una tabella riporterà il confronto tra i dati prima (ovvero la totalità dell'impianto 1141 sorgenti luminose) e dopo l'intervento ed il relativo risparmio ottenuto.

CONSUMI ENERGETICI PRIMA INTERVENTO 805'071,34 kWh

CONSUMI ENERGETICI DOPO INTERVENTO 350'830,52 kWh

RISPARMIO ENERGETICO CON SOSTITUZIONE LAMPADE 454'240,82 kWh

TABELLA DI CONFRONTO PRIMA E DOPO L'INTERVENTO

	Prima	Dopo	Risparmio
Potenza complessiva impianto	200,52 KW	87,39 KW	113,13 KW
Energia consumata in un anno	805'071,34 KWh	350'830,52 kWh	454'240,82kWh
Emissioni di CO2 in atmosfera	427'492,80 kg	186'291,07	241'201,73 kg

Si ha un risparmio di 454'240,82 kWh e quindi il 56,4 % dei consumi che si hanno attualmente, ad essi va aggiunto il risparmio che si ha, utilizzando la tele-gestione, cioè la possibilità di attenuare l'intensità luminosa per particolari condizioni del contesto o durante certe ore della notte.

3.8 Centri luminosi proposti

TIPOLOGIA DELLE SORGENTI LUMINOSE



N° 145 Con potenza 81 W

N° 294 Con potenza 48 W

N° 229 Con potenza 55 W

Philips Lighting BGP 431



N° 107 Con potenza 55 W

N° 32 Con potenza 142 W

N° 74 Con potenza 82 W

WE-EF 661-1126 RFL530



N° 50 Con potenza 200 W

Proiettori "FASTLED" o similari



Tecnica Retrofit



N° 208 Con potenza 40 W

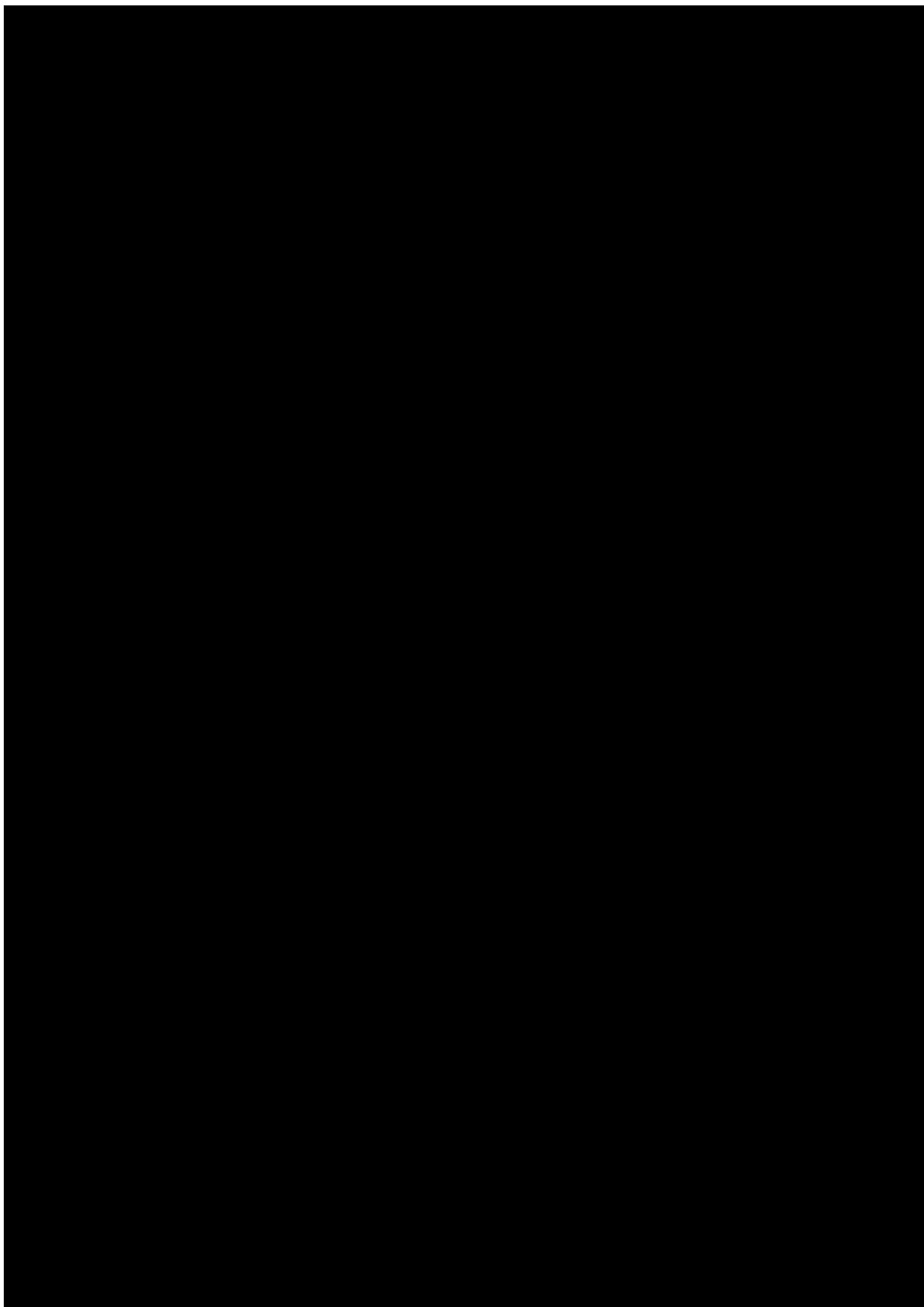


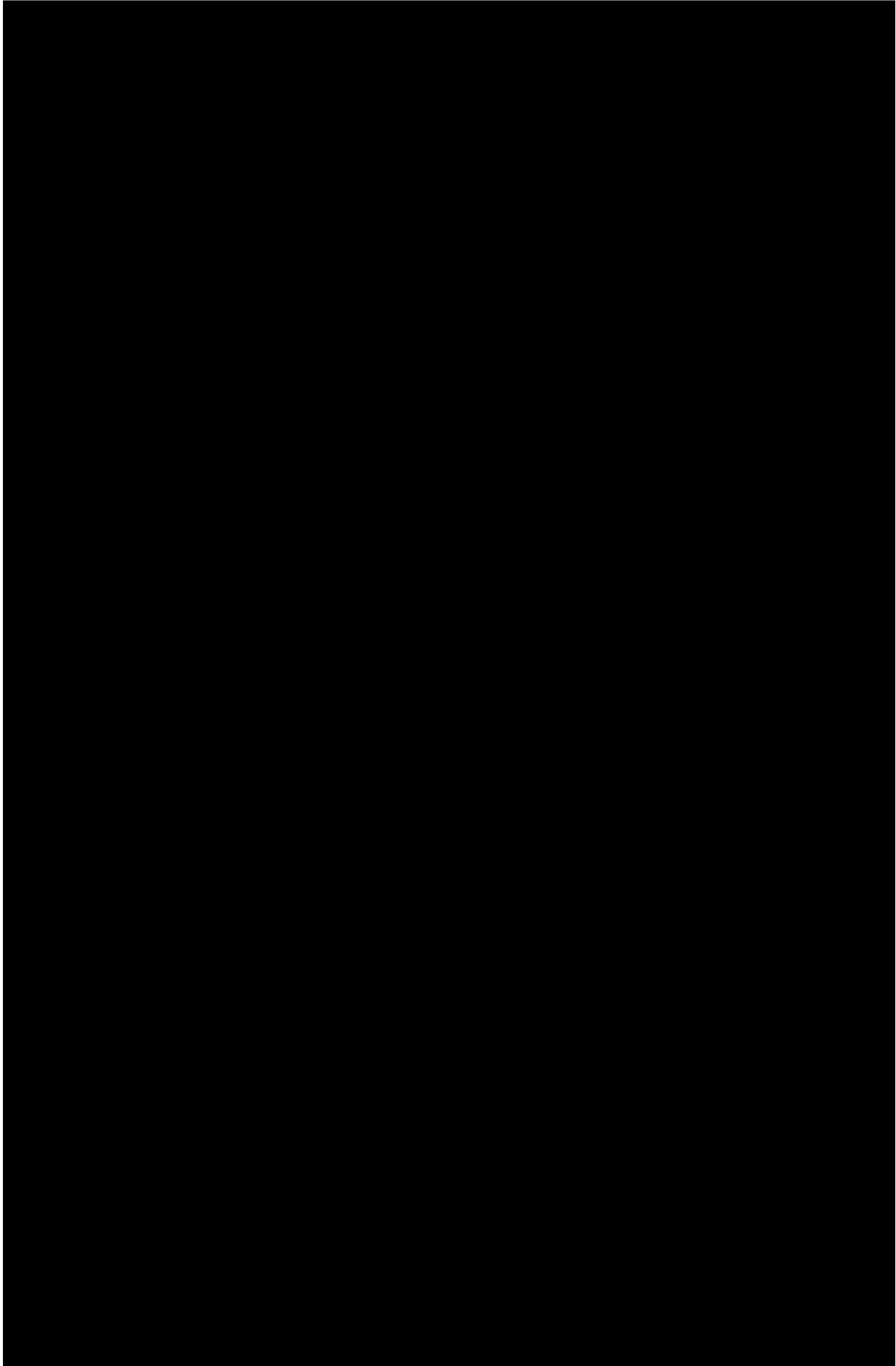
Armature Sospese "SATURN" o similari

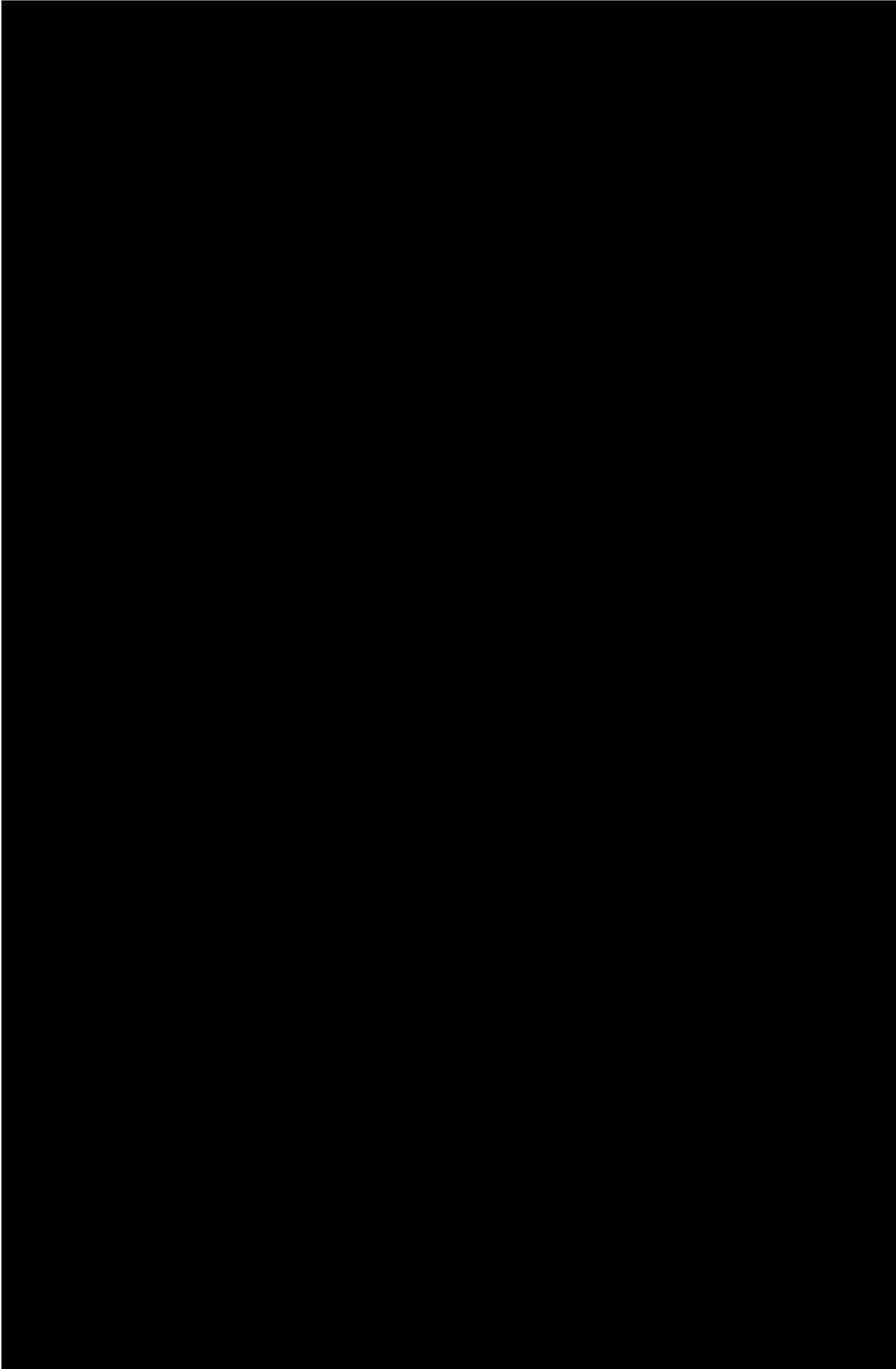


N° 2 Con potenza 45 W

3.9 Caratteristiche dei centri luminosi proposti





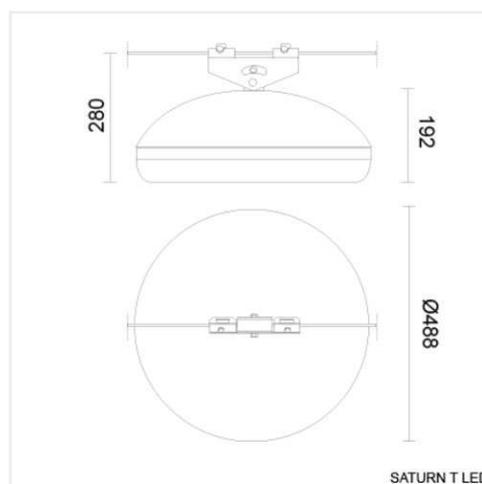


Armatura Sospesa SATURN

- Armatura per l'illuminazione stradale a LED con ottica secondaria,
- Diverse fotometrie disponibili:
 - fotometria ST per strade cut-off,
 - fotometria SQ per arredo urbano,
 - fotometria AS asimmetrica.
- Potenza complessiva:
 - 44/45W con settaggio corrente a 450mA,
 - 34/35W con settaggio a 350mA.
- Possibilità di impostare regolazione Midnight anche dopo l'installazione,
- Corpo in lega d'alluminio pressofuso,
- Interni in ferro zincato a caldo bianco,
- Verniciatura con polveri poliesteri, colore standard nero grafite,
- Trattamento chimico di sgrassaggio e fosfatazione del grezzo,
- Resistente a raggi UV e nebbie saline,
- Vetro di chiusura piano temperato sp.5mm,
- Guarnizioni in silicone,
- Resistenza al vento: 0,19mq,
- Apertura dall'alto con viti inox Aisi 304,
- Sezionatore automatico di linea,
- Montaggio su fune di acciaio di 4÷8mm di diametro, entrata cavo con pressacavo M20 in nylon,
- Norme di riferimento EN 60598-1, EN 60598-2-3, EN 61000-3-2, EN 55015,
- Conforme alla normativa sull'inquinamento luminoso UNI 10819 e a tutte le leggi regionali italiane,
- Pressacavo M20 (cavo 9 ÷ 11mm),
- Fattore di potenza >0,98
- 220÷240 V / 50-60Hz.



SATURN T LED



SATURN T LED

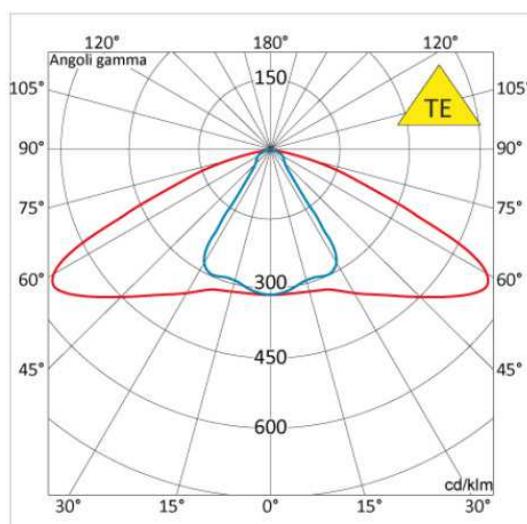




Fig. 1

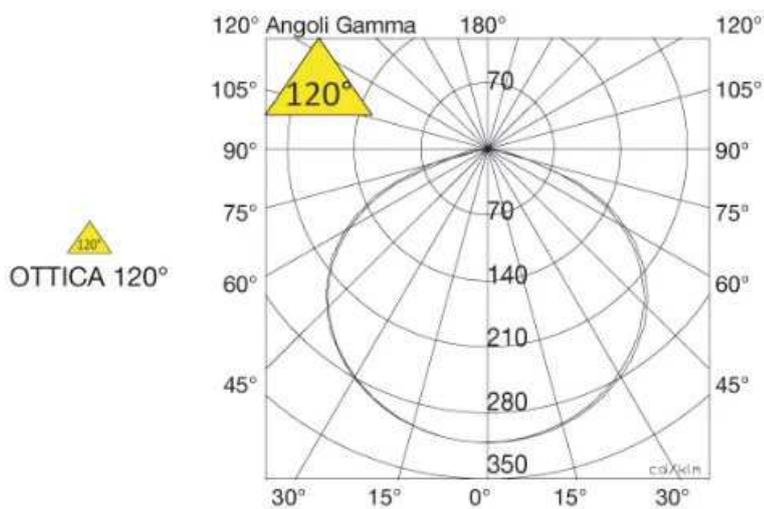
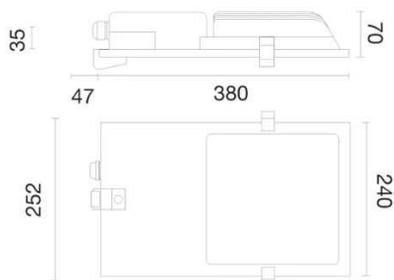


Fig. 2



Fig. 3

N° LED	W	Lm In	Lm Out	mA	LED	On-Off	Full Dimm (DIM)	Power Line Com. (OC)
24	55	7800	6500	350	490 lm @ 640mA 25°C - 4000K		•	•
	80	10700	8950	500			•	•
	100	12550	10500	600		•	•	•
36	82	11700	9800	350	490 lm @ 640mA 25°C - 4000K		•	•
	120	16050	13450	500			•	•
	150	18850	15750	600		•	•	•





*Capitolo 4: Risparmio energetico
& Benefici ambientali*

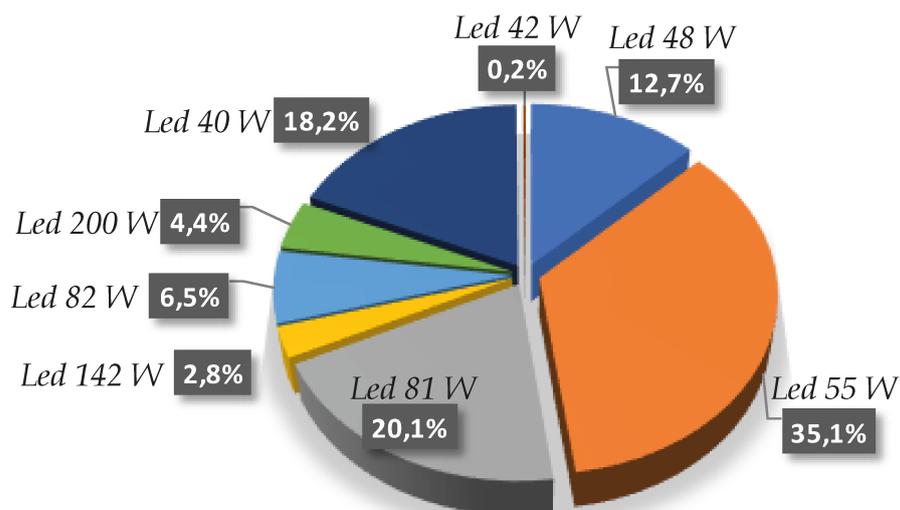
4.1 Risparmio energetico

Le migliori conseguibili in termini di risparmio energetico rispetto allo stato attuale derivano principalmente dall'impiego di nuova tecnologia rappresentata dalle sorgenti LED. L'efficienza globale e di sistema della tecnologia LED è composta da una serie di caratteristiche quali ad esempio:

- L'efficienza;
- La lunga durata;
- Il non decadimento del flusso luminoso;
- Le elevate prestazioni fotometriche e colorimetriche;
- La regolazione del flusso luminoso;
- Gli alti indici di resa cromatica;
- Il controllo dell'abbagliamento;
- La riduzione dell'inquinamento luminoso.

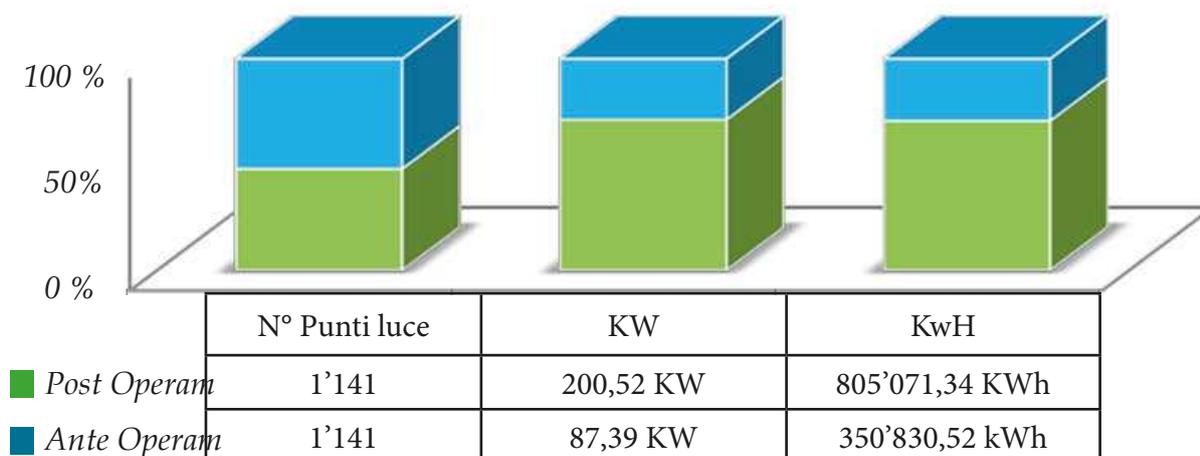
Il passaggio alle lampade a LED permette di ridurre notevolmente la potenza elettrica. L'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Pozzolo Formigaro a valle degli interventi sarà composto da n. 1'141 punti luce ed avrà una potenza impegnata di circa 87 kW.

Parco Lampade Post Operam



Dai dati riportati si evince come rispetto allo stato attuale la potenza impegnata diminuisce sensibilmente. Infatti si passa dai circa 200 kW ante operam agli 87 KW post operam con una riduzione in termini percentuali pari a circa il **56,4%**. In allegato vengono riportate le tavole tecniche riguardanti il parco lampade a valle degli interventi progettuali previsti. Il vantaggio nell'utilizzo della nuova tecnologia di apparecchi di illuminazione dotati di tecnologia Led risiede nella possibilità di raggiungere gli obiettivi perseguiti dalla Pubblica Amministrazione, ovvero di conseguire:

- risparmio energetico;
- impatto ambientale ridotto;
- maggior durata: le lampade a tecnologia LED hanno una aspettativa di vita superiore;
- migliori prestazioni;
- tempo di accensione e riaccensione immediate;
- sicurezza stradale.



4.2 Benefici ambientali

Uno degli aspetti fondamentali da considerare nella valutazione della efficienza di una attività, sia pubblica che privata, sta nella capacità di poter sviluppare ed utilizzare tecnologie, che producono effetti benefici sulla vita dei cittadini: in particolare che permettono di ridurre i consumi energetici e come conseguenza migliorare l'ambiente in cui tali effetti si producono. Grazie all'impiego di tecnologie innovative che comportano un maggiore risparmio energetico ed un miglioramento delle prestazioni tecniche, si riesce ad ottenere una riduzione dei costi per la pubblica illuminazione e conseguenti benefici per l'ambiente. L'obiettivo di una politica ambientale deve perseguire il risparmio dell'energia elettrica per l'Illuminazione Pubblica è la riduzione drastica dell'inquinamento ambientale, ma anche quello luminoso.

Per il Comune di Pozzolo Formigaro tale obiettivo può essere raggiunto attraverso alcune scelte di tipo tecnico ed economico, aventi l'obiettivo di migliorare le prestazioni illuminotecniche degli impianti, ottimizzare la gestione degli stessi e ridurre la spesa energetica a fronte di una ottimizzazione degli attuali centri luminosi. Grazie agli interventi progettuali previsti, infatti, si raggiungeranno elevati standard di risparmio sia sotto il profilo energetico, e sia economico ed ambientale. Tali obiettivi sono stati conseguiti nel progetto presentato attraverso alcuni significativi interventi.

Dal punto di vista energetico, il principale intervento di miglioramento previsto è quello della sostituzione dell'intero parco lampade, che permetterà di ridurre in modo significativo i consumi energetici grazie all'impiego di lampade con tecnologia a LED. L'applicazione a LED garantisce consumi minori a parità di flusso luminoso sul piano stradale grazie alla particolarità dei LED di direzionare meglio il flusso luminoso emesso. La somma di tutti gli interventi proposti permette di ottenere un risparmio complessivo di **454'240,82 kWh**, ovvero circa 56,4 % rispetto ai consumi attuali.

In termini di benefici ambientali ciò si traduce in circa **241'000 kg annue di mancata emissioni di CO2**.

Un altro indice del positivo contributo alla salvaguardia dell'ambiente è il risparmio in termini di energia primaria. La tonnellata equivalente di petrolio (tep) è un'unità di misura dell'energia, introdotta al fine di facilitare il confronto tra le varie fonti energetiche ed il petrolio, ed è definita come la quantità di energia rilasciata dalla combustione di una tonnellata di petrolio.

Con gli interventi di efficientamento tecnologico previsti si ottiene un risparmio annuo pari a circa **85 TEP** in termini di energia primaria risparmiata.

I vantaggi conseguibili con gli interventi proposti sono tanto più duraturi quanto più si riesce a garantire negli anni le prestazioni ottimali delle apparecchiature impiegate e dei materiali. Questo è punto fondamentale in quanto bisogna utilizzare una tecnologia di ultimo tipo, capace di permettere i maggiori vantaggi non solo sotto l'aspetto prettamente energetico, ma anche e soprattutto sotto l'aspetto ambientale, in quanto le minori emissioni di CO₂ in ambiente permettono di ridurre l'effetto serra e l'aumento di sostanze climalteranti, causa di mutamenti ambientali sul pianeta. Circa l'80% dell'energia consumata nell'Unione Europea deriva da combustibili fossili: petrolio, gas naturale e carbone. Le ricadute ambientali di questo sistema, assieme a questioni di sicurezza e alle inevitabili implicazioni economiche, rendono essenziale un uso più razionale dell'energia. *La norma UNI CEI EN 16001* si pone come un essenziale strumento delle imprese e degli enti pubblici, per gestire e migliorare le prestazioni energetiche ed i relativi costi. A tal proposito vengono in aiuto le norme UNI ed in particolare come detto la UNI CEI EN 16001, diventata UNI CEI EN ISO 50001 del 2011, norma riconosciuta a livello internazionale, che fornisce risposte alle problematiche del campo energetico. La nuova norma, infatti, considera gli aspetti ambientali come un fattore determinante. Essi sono definiti dall'identificazione e dall'analisi degli aspetti energetici significativi cui è necessario associare azioni di risparmio energetico e che la norma esplicita come "riduzione dei costi e delle emissioni di anidride carbonica".

Lo sviluppo di questo sistema interessa sia le aziende sia gli enti pubblici sensibili all'aspetto energetico. In linea con gli obiettivi dell'Unione Europea, la UNI CEI EN ISO 50001 promuove lo sviluppo di alcune attività determinanti per la riduzione dei consumi e dei relativi costi energetici.

Essa concentra le attività sui seguenti punti:

- Definizione di una politica di efficienza energetica dei processi produttivi;
- Determinazione dell'approccio dell'impresa verso la gestione energetica;
- Definizione di obiettivi e traguardi in tema energetico, con un specifico piano (costi- benefici);
- Elaborazione di un Sistema di Gestione documentale e applicativo in modo da contribuire alla razionalizzazione e all'ottimizzazione dei consumi;
- Determinazione delle responsabilità degli addetti (sinergie operative) per una maggiore efficienza;
- Contabilizzazione e valutazione dei diversi consumi (AUDIT energetico);
- Pianificazione di una strategia di comunicazione verso l'interno e l'esterno in modo da valorizzare quanto intrapreso.

Inoltre, proprio per la sua struttura, la UNI CEI EN ISO 50001 è complementare agli altri sistemi di gestione, armonizzata perfettamente alla già conosciuta UNI ISO 14001 e alla UNI ISO 9001. Le azioni previste dalla norma sono:

1. Plan: identificare aspetti energetici e obblighi legali, stabilire obiettivi e relativi target.
2. Do: assegnare risorse e responsabilità, accrescere la consapevolezza dell'organizzazione e fornire una preparazione adeguata, incoraggiare la comunicazione interna ed esterna;
3. Check: attivare controlli; definire un programma di monitoraggio della gestione energetica, identificare e gestire le eventuali non conformità, controllare le rilevazioni, effettuare verifiche interne sul sistema di gestione energetico.
4. Act: esaminare il sistema di gestione dell'energia da parte del top management, per predisporre potenziali migliorie e cambiamenti.

Gli interventi di adeguamento e di efficientamento proposti permettono di ottenere i consumi, descritti a seguire:

Ore i Funzionamento annue	4.015,00 h
Potenza complessiva impianto	87,39 KW
Energia consumata in un anno	350'830,52 kWh
Emissioni di CO2 in atmosfera	186'291,07 kg di CO2

Il risparmio dovuto quindi dall'efficientamento sarà:

	Prima	Dopo	Risparmio
Potenza complessiva impianto	200,52 KW	87,39 KW	113,13 KW
Energia consumata in un anno	805'071,34 kWh	350'830,52 kWh	454'240,82kWh
Emissioni di CO2 in atmosfera	427'492,80 kg	186'291,07 kg	241'201,73 kg

Circa il 56% della situazione attuale.



L'installazione di un nuovo impianto di illuminazione determina:

Risparmio energetico: 454'240,82 kWh

Tep risparmiati: 85

CO2 evitate: 241'201,73 kg

Risparmio economico annuo: 95'390,58 €

An aerial photograph of a city grid, showing a dense network of streets and buildings. The image is faded and serves as a background for the text. The word "Conclusioni" is centered in the middle of the image in a bold, italicized, black serif font.

Conclusioni

Conclusioni

In definitiva, si può giungere alle considerazioni finali riguardanti l'efficacia del progetto di riqualificazione della pubblica illuminazione, in termini di risparmio di emissione di CO₂, confrontandolo con il risparmio energetico ottenuto dai Comuni aderenti al Patto dei Sindaci, ovvero Novi Ligure(AL) e Pasturana(AL).

Dunque, bisogna andare nello specifico e trattare i punti, o meglio le azioni, presenti all'interno dei PAES dei suddetti comuni firmatari del Patto.

Dopo aver aderito al Patto in data 20 dicembre 2012, l'amministrazione comunale di Novi Ligure (AL), attraverso la sottoscrizione di un proprio Piano di Azione per l'Energia Sostenibile, si è subito prefissata di migliorare le prestazioni energetiche degli edifici esistenti, utilizzare le fonti energetiche rinnovabili, aumentare l'efficienza energetica dei processi produttivi, promuovere modalità di mobilità più efficienti e sostenibili, ottimizzare la raccolta differenziata dei rifiuti, sensibilizzare i cittadini e le parti interessate sul tema del risparmio energetico.

Il piano viene presentato alla Commissione Europea il 19 settembre 2014, e vede come proposito globale quello di ridurre le emissioni di CO₂ preesistenti di un tasso pari al 21%.

Le Key Actions caratterizzanti il progetto presentato sono:

- Bollicine: realizzazione di 3 punti di erogazione di acqua minerale pubblica su suolo comunale, con diminuzione di utilizzo di contenitori in plastica;
- Impianto di biodigestione presso discarica cittadina: Impianto per il recupero di energia dal biogas prodotto dalla trasformazione dei rifiuti, con utilizzo del gas metano prodotto per la produzione locale di energia elettrica;
- Impianti fotovoltaici su strutture pubbliche: installazione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabili su n.7 edifici pubblici.

Il grafico che segue mostra i settori colpiti dal risparmio energetico, in termini quantitativi:

Riduzione stimata delle emissioni di gas a effetto serra per ogni settore progettuale

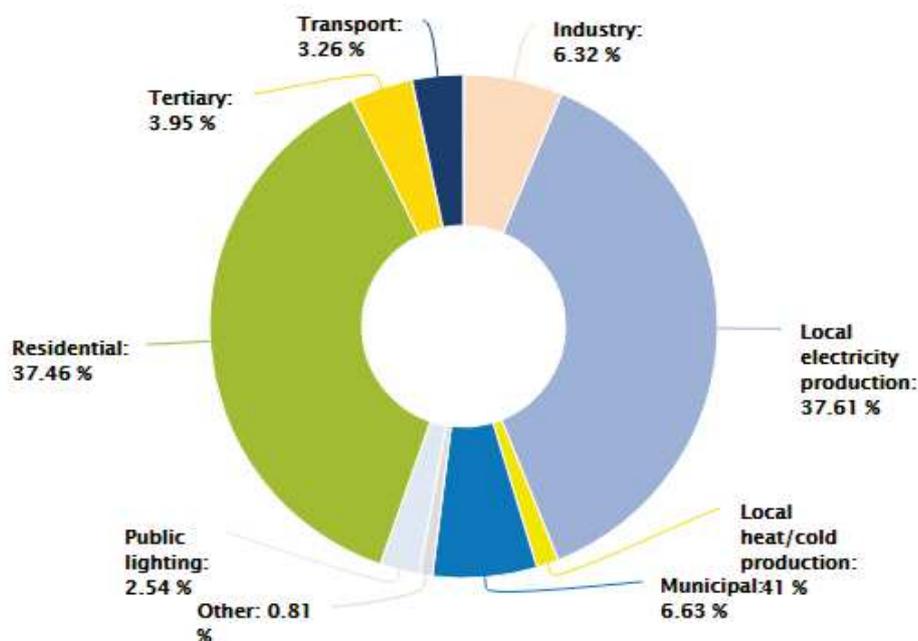


Immagine 12: Gli interventi Previsti nel PAES del comune di Novi Ligure [12]

È evidente come il settore in cui si ha il maggior tasso di risparmio energetico, o meglio la minor emissione di CO₂ in atmosfera, sia quello della produzione di energia elettrica locale.

Dato fondamentale però è quello legato alla pubblica illuminazione: soltanto il 2,54% del risparmio totale è da ricondurre a questa categoria.

Per quanto riguarda il comune di Pasturana(AL), esso entra a far parte del Patto dei Sindaci il 18 maggio 2011.

Nel Piano di Azione per l'Energia Sostenibile, presentato alla Commissione Europea il 6 giugno 2012, l'amministrazione comunale focalizza la propria attenzione su tutte le possibili aree di giurisdizione o influenza comunale, rendendo partecipi del progetto operatori privati e cittadini.

L'obiettivo prefissato è quello di attestare l'emissione percepita di CO₂ a 2,93 tonnellate annue, riducendo le emissioni di un tasso del 21%.

Nel caso specifico del comune di Pasturana, le Key Actions presenti nel PAES sono:

Conclusioni

- Impianto Fotovoltaico: produzione energetica da fonte rinnovabile su edifici pubblici;
- Edilizia privata: miglioramento dell'edilizia privata per edifici di nuova costruzione;
- Comunicazione: opera di sensibilizzazione dell'opinione pubblica riguardo le fonti di energia rinnovabile e il risparmio energetico.

Per quanto riguarda i settori protagonisti del risparmio energetico nel territorio comunale di Pasturana, segue un grafico che ne evidenzia le caratteristiche:

Riduzione stimata delle emissioni di gas a effetto serra per ogni settore progettuale

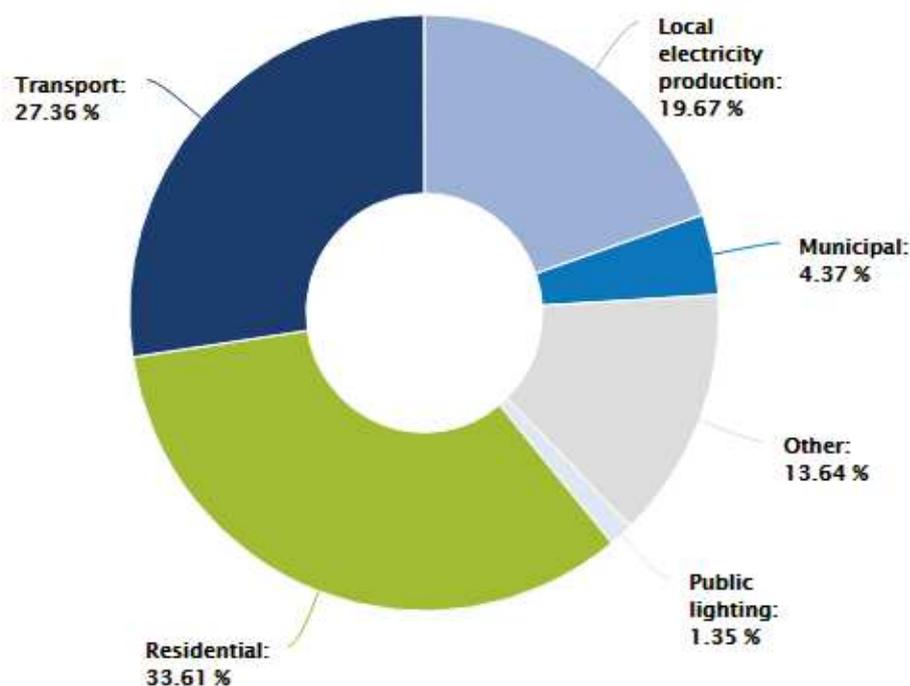
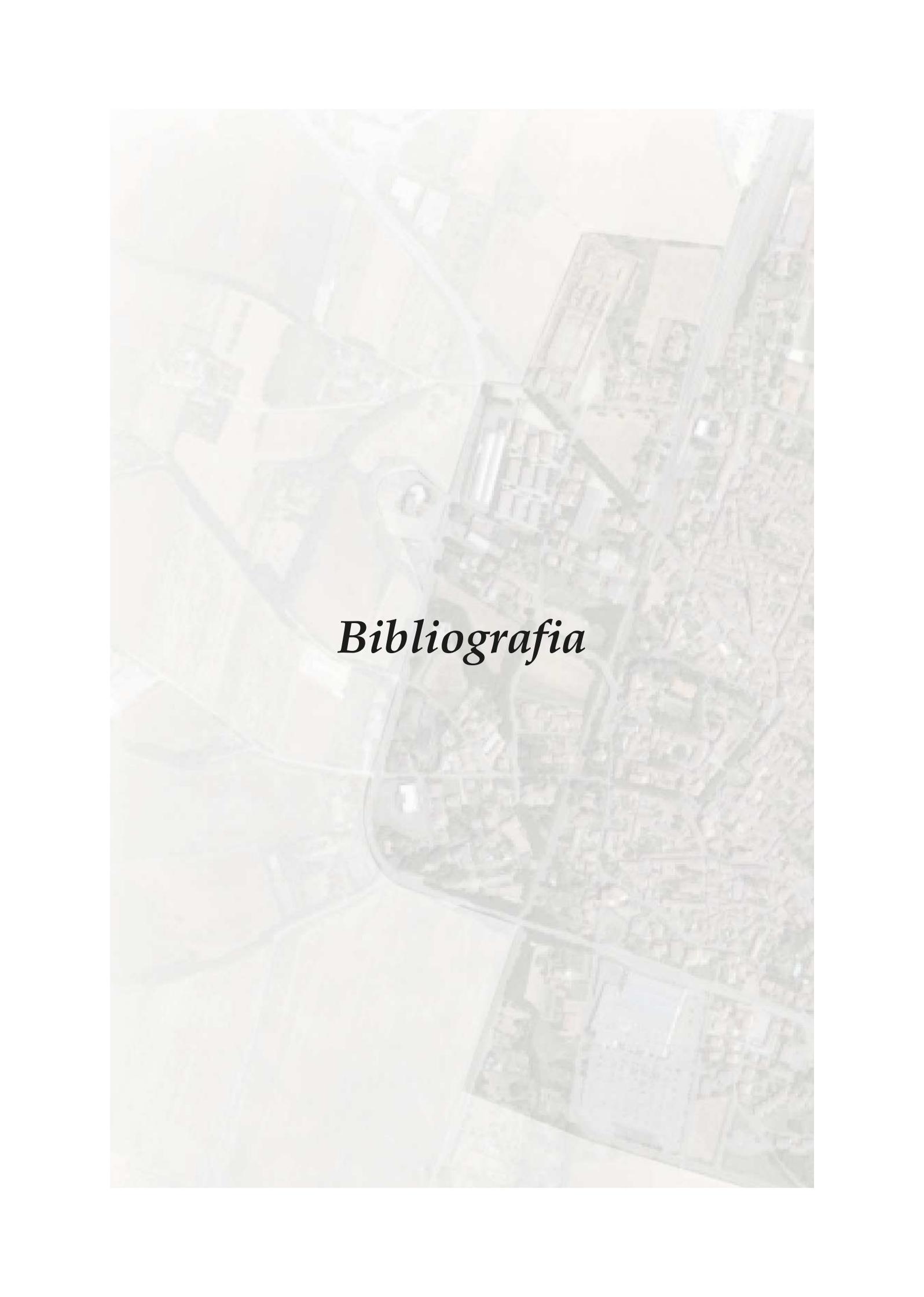


Immagine 12: Gli interventi Previsti nel PAES del comune di Novi Ligure [12]

Anche in questo caso, il dato che risalta maggiormente è la scarsa influenza del settore dell'illuminazione pubblica nell'ambito del risparmio energetico complessivo.

Questo si attesta soltanto alla scarsa percentuale dell'1,35%.

È doveroso notare che ciò è dovuto al fatto che le amministrazioni comunali dei due comuni firmatari del Patto non hanno considerato opportuna nei rispettivi Piani di Azione per l'Energia Sostenibile la sostituzione dei corpi illuminanti presenti su territorio con altri dotati di tecnologia LED. Come dimostrato nella stesura di questa tesi, con l'analisi progettuale rivolta al Comune di Pozzolo Formigaro, questo è un passo fondamentale per perseguire un risparmio energetico degno di nota, con riduzione sensibile di CO₂ in atmosfera. Si stima, che con una riqualifica e, quindi, ammodernamento delle lampade obsolete esistenti, l'impatto del settore dell'illuminazione pubblica sul risparmio energetico globale avrebbe potuto raggiungere la soglia del 50%.

An aerial photograph of a city grid, showing streets and buildings. The image is faded and serves as a background for the text. The word "Bibliografia" is centered in the middle of the image in a black, italicized serif font.

Bibliografia

Sitografia

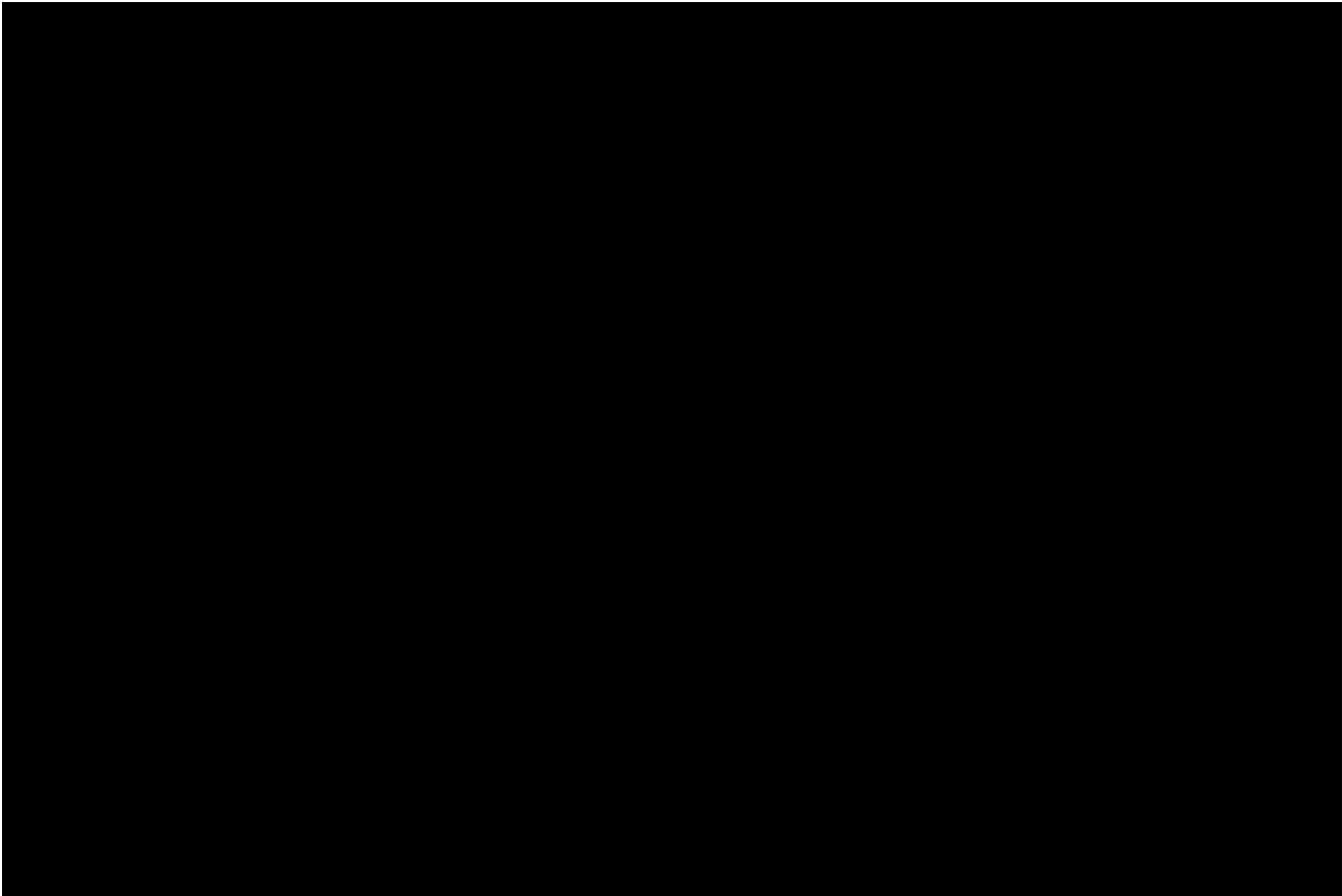
- http://uni.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5570%3Ala-nuova-uni-11248-sulla-selezione-delle-categorie-illuminotecniche&catid=171&Itemid=2612.
- <http://www.scame.com/it/infotec/norme/scheda.asp?IDKey=CEI011>.
- <http://www.normattiva.it>
- <http://www.altalex.com>
- <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2014/01/23/14A00271/sg>
- <http://www.comune.torino.it/canaleambiente/pric/#pric>
- <http://www.aecilluminazione.it/catalogo/stradale/lunoide>
- https://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp910403029312-pss-it_it
- <http://catalogo.disano.it/it/classic/disano-arredo-urbano-5/disano-vista/1599-vista-anti-inquinamento-luminoso-np>
- http://www.infodata.ilsole24ore.com/2017/06/04/gli-sforzi-delleuropa-ridurre-la-co2-italia-terza-emissioni/?refresh_ce=1
- http://www.osservatoriofeynman.eu/Hypatia/Hypatia-Hack_2015.html
- <https://illuminotronica.it/luce-calda-e-fredda-mini-guide-allacquisto-dei-led/>
- <https://www.we-ef.com/#!/int/products/family/320>
- <http://www.faeber.com/>

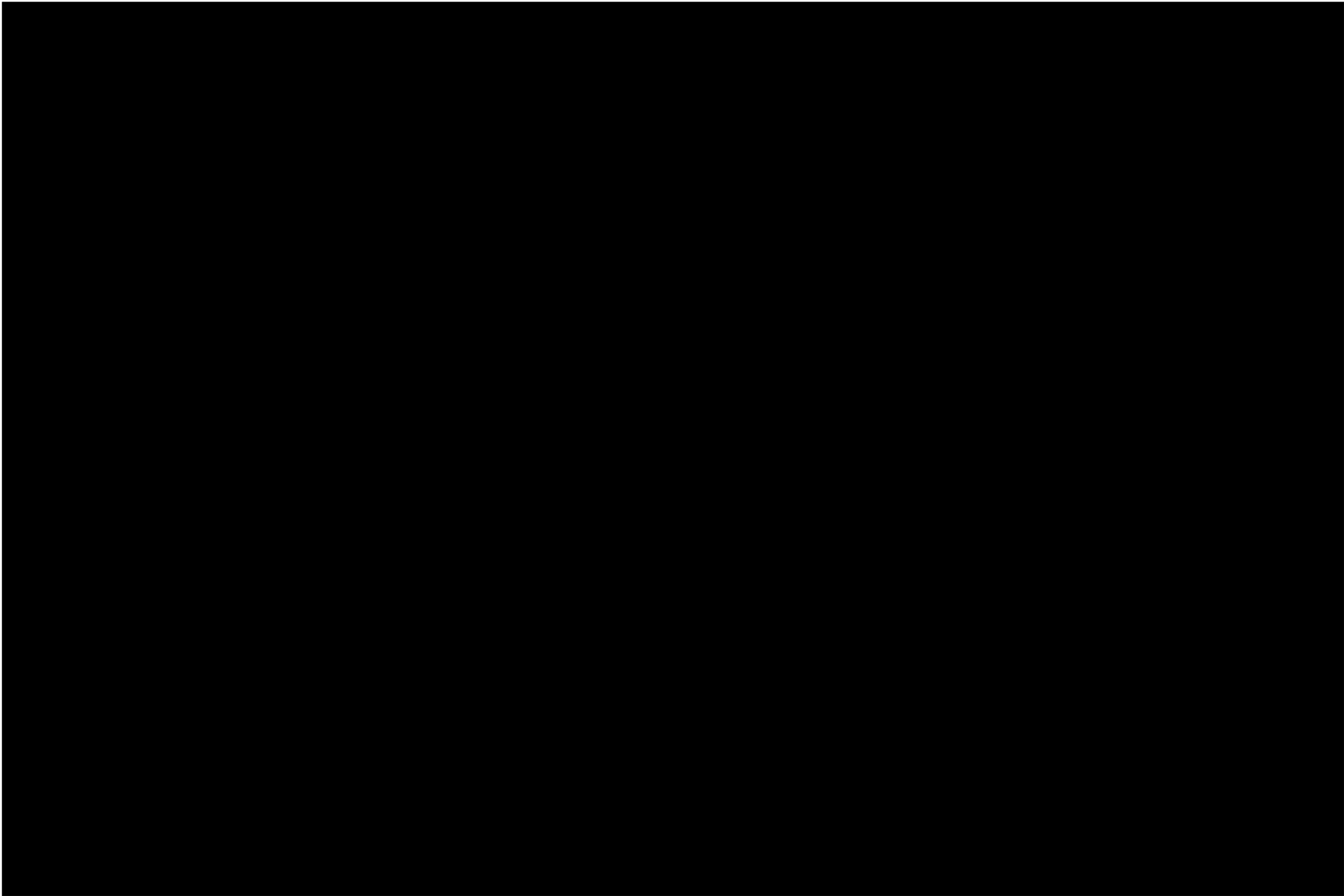
Bibliografia

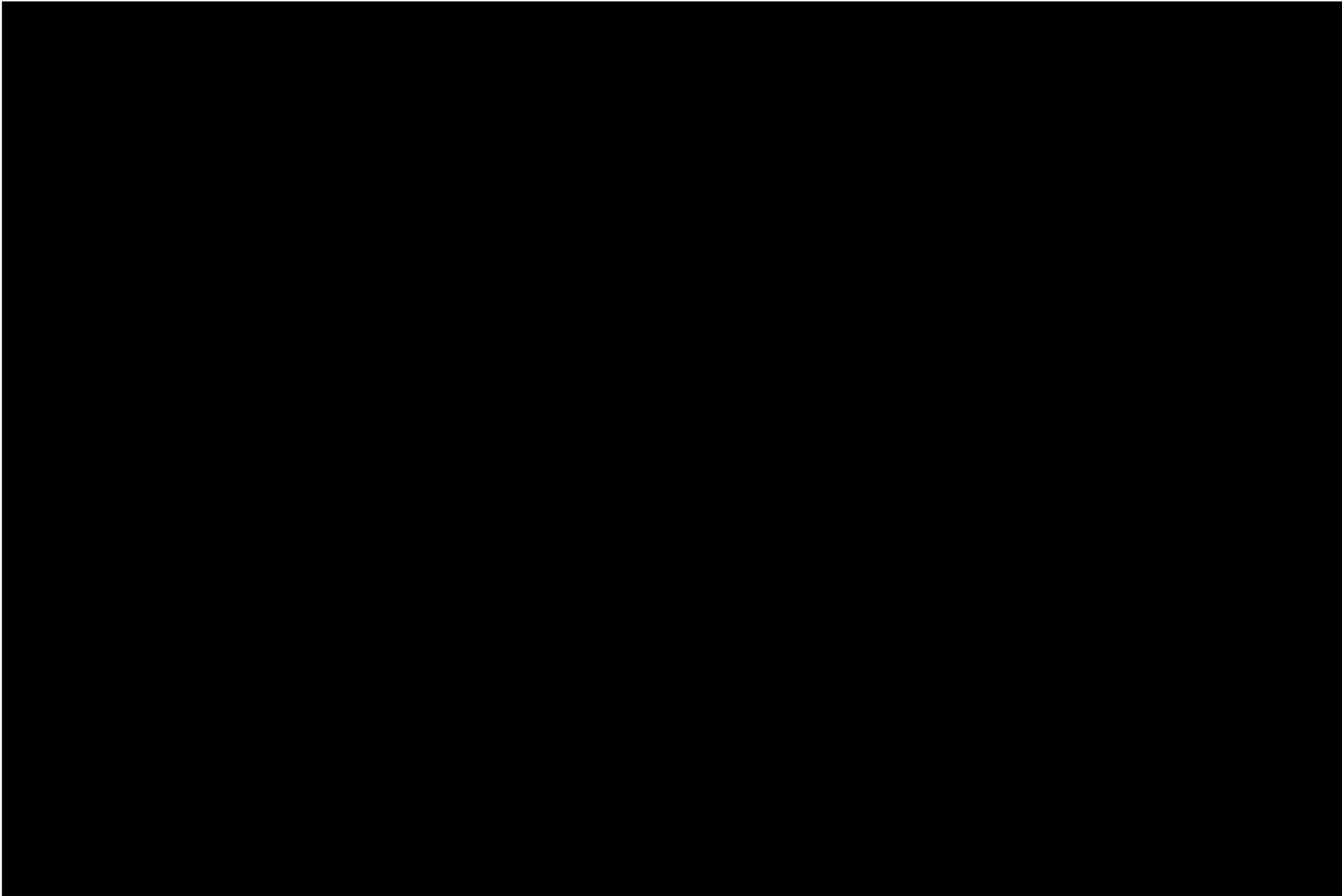
- *ABB Power and productivity for a better world (2010). Guida all'illuminazione 28-160.*
- *Comune di Torino 2011. Piano Regolatore Illuminazione Comunale*
- *Riccardo Saporiti: Gli sforzi dell'Europa per ridurre la CO2. Italia terza per emissioni, Il sole 24 ore (2017).*
- *F Gugliermetti, F Bisegna, L Monti - ENEA Report RdS/2011/195, 2011*
- *G Forcolini (2010). Illuminazione con i LED. Funzionamento, caratteristiche, prestazioni, applicazioni 48-50*
- *J Ruskin (1999) Le sette lampade dell'architettura 120 - 250*
- *Prof Giuseppe Tuoni e Ing. Francesco Leccese, Il quadro normativo in tema di illuminamento luminoso, Dipartimento di Energetica, Università di Pisa.*
- *Annunziato, M.; Honorato Consonni, C.; De Lia, F.; Fumagalli, S.; Giuliani, G.; Gozo, N.; Leonardi, G.; Meloni, C.; Santino, D.; Scognamiglio, A., I fondamentali per una gestione efficiente degli impianti di pubblica illuminazione (2012)*
- *Calabi, Donatella, Storia dell'urbanistica europea (2004) Storia dell'urbanistica europea*
- *Renzo Tedeschi, Illuminazione degli impianti pubblici, capitolo 31*
- *De Rosa, Luigi, Gis per la gestione del territorio: Sistema Informativo per la gestione delle reti di illuminazione pubblica*

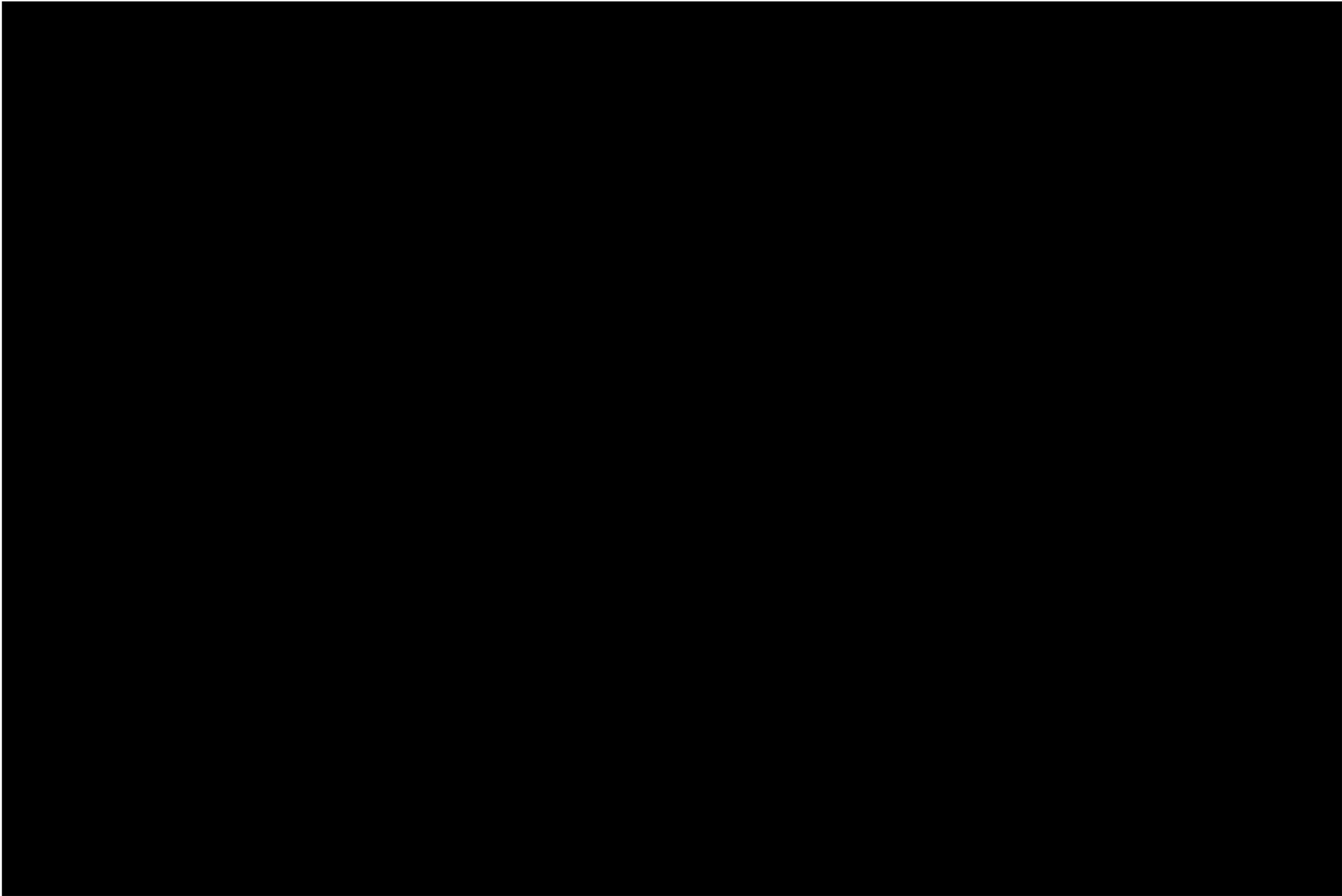
- [1] *Riccardo Saporti: Gli sforzi dell'Europa per ridurre la Co2. Italia terza per emissioni, Il sole 24 ore (2017) pag 5;*
- [2] *[http://www.datamanager.it/2017/11/inquinamento-luminoso-aumento-non-si-vedono-piu-le-stelle/;](http://www.datamanager.it/2017/11/inquinamento-luminoso-aumento-non-si-vedono-piu-le-stelle/)*
- [3] *Immagine Autoprodotta, Comune di Pozzolo Formigaro all'interno della Provincia di Alessandria;*
- [4] *Immagine Autoprodotta, Schema delle analisi svolte sul territorio Comunale;*
- [5] *Immagine Autoprodotta, Reperto fotografico delle criticità del centri luminosi;*
- [6] *Immagine Autoprodotta, Reperto fotografico delle criticità Quadri elettrici;*
- [7] *G Forcolini (2010). Illuminazione con i LED. Funzionamento, caratteristiche, prestazioni, applicazioni 48-50;*
- [8] *J Ruskin (1999) Le sette lampade dell'architettura pag 145;*
- [9] *http://www.osservatoriofeynman.eu/Hypatia/Hypatia-Hack_2015.html*
- [10] *<https://illuminotronica.it/luce-calda-e-fredda-mini-guide-allacquisto-dei-led/>*
- [11] *Immagine Autoprodotta, Schema delle fasi progettuali*
- [12] *Immagine Autoprodotta, Estratto della mappa che indica la posizione delle promiscuità del Comune di Pozzolo Formigaro*

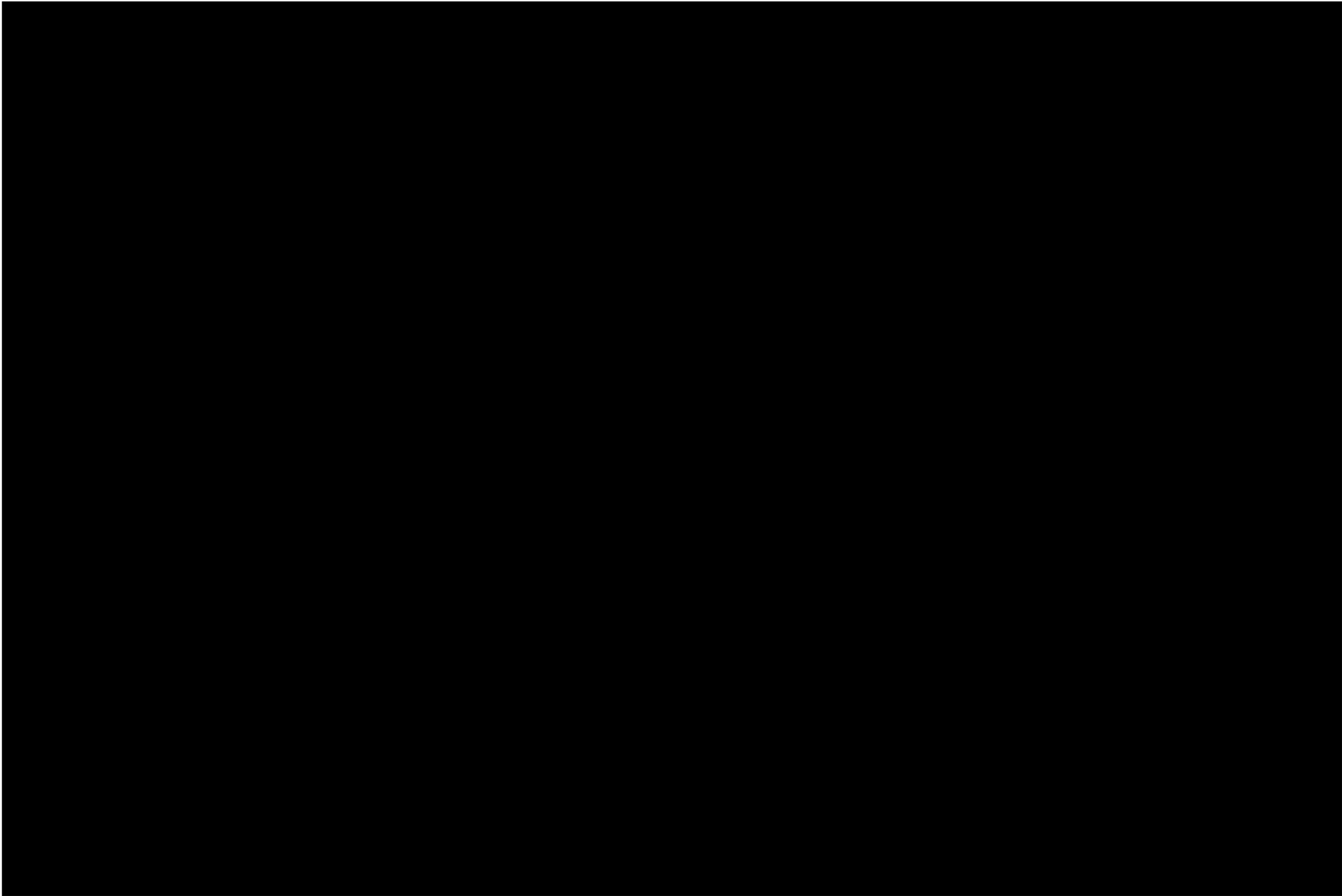
Tavole Stato di Fatto

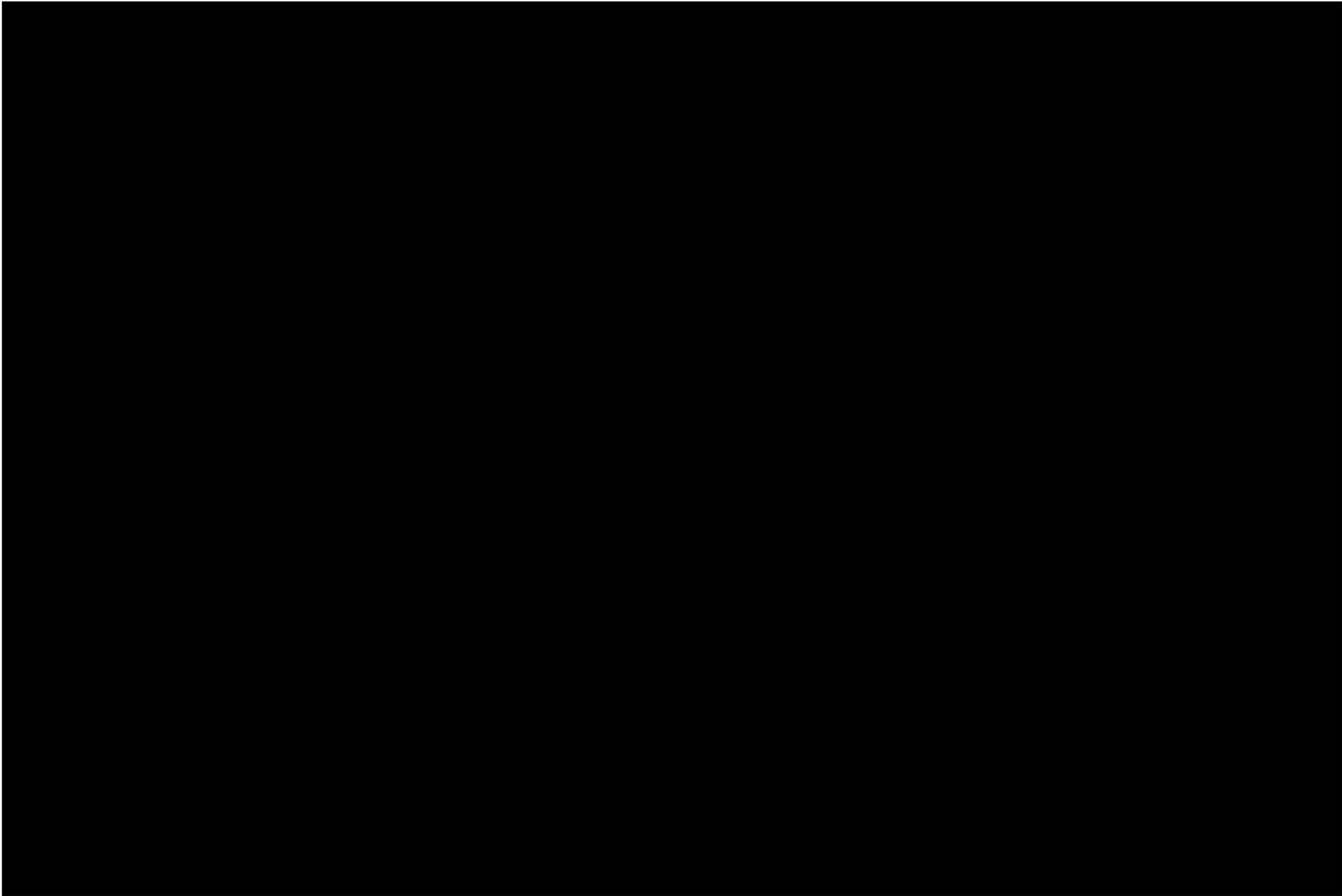


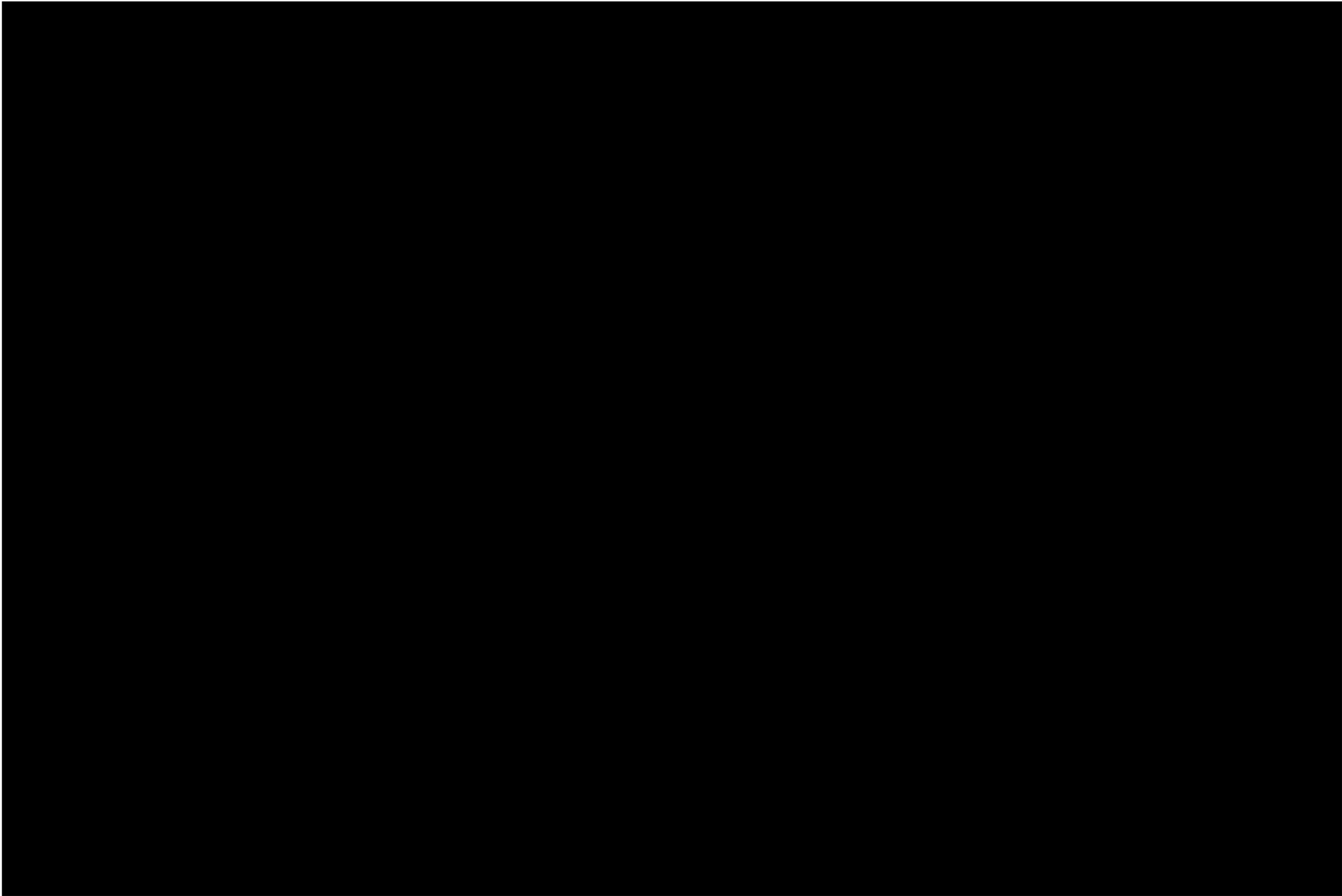


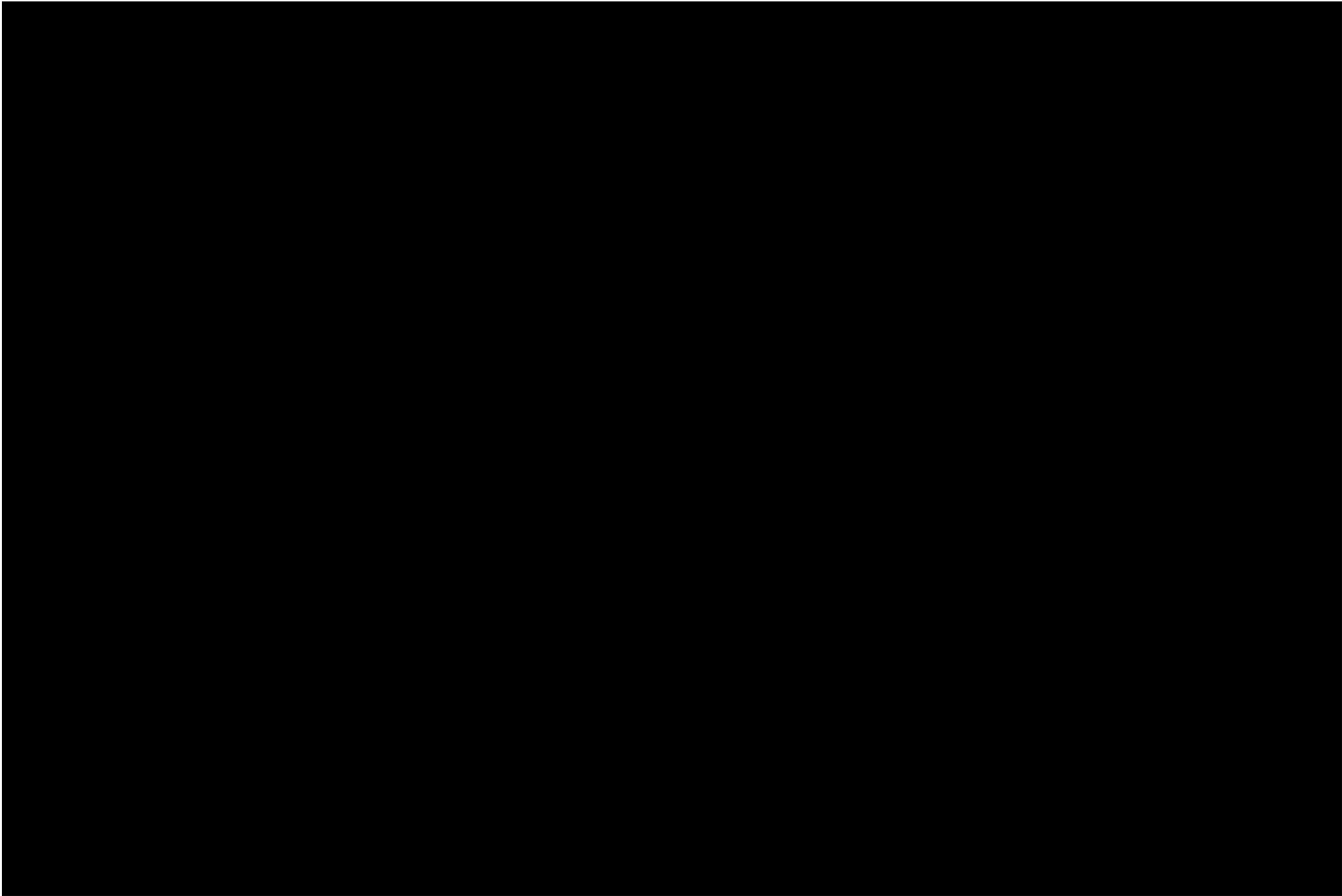


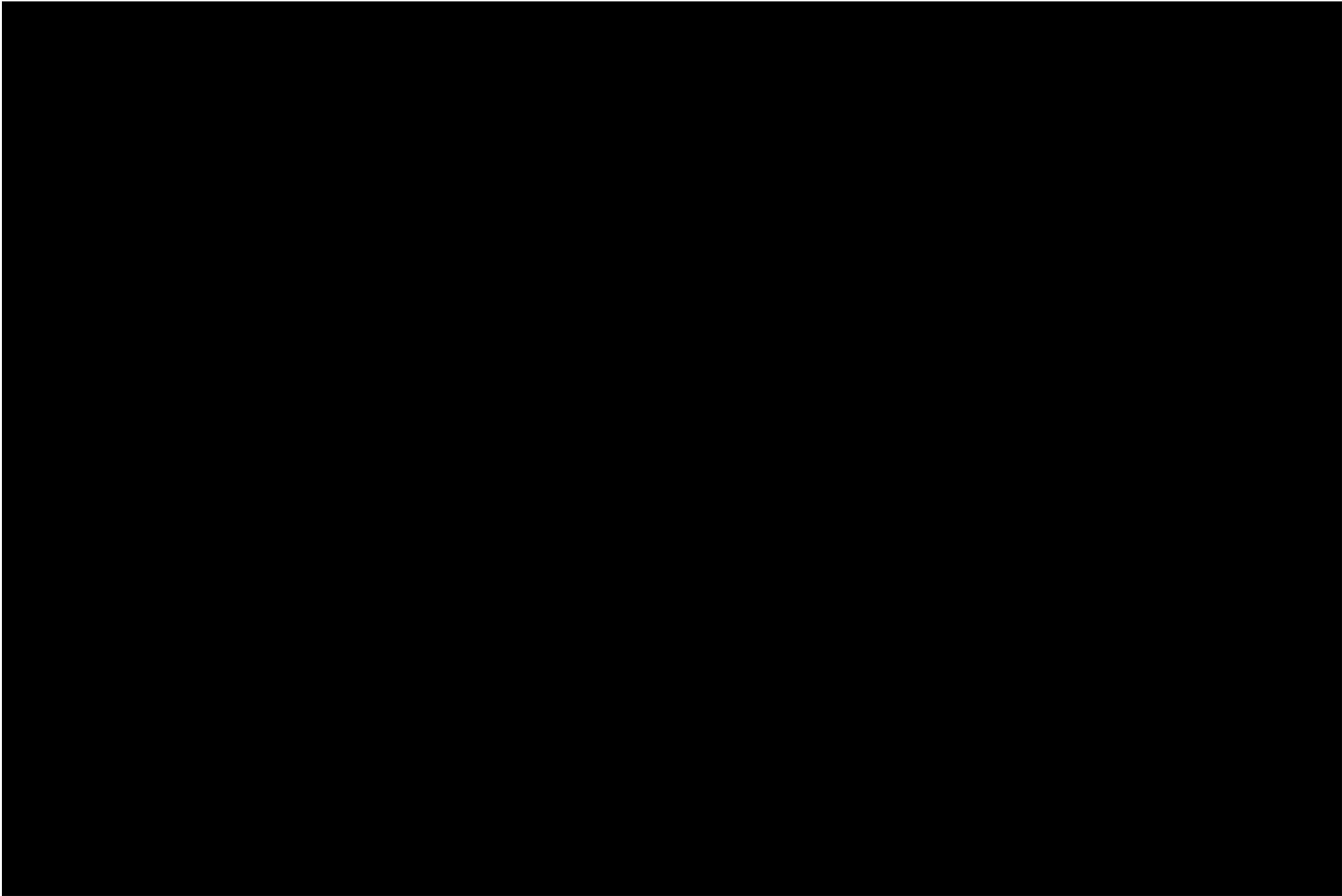


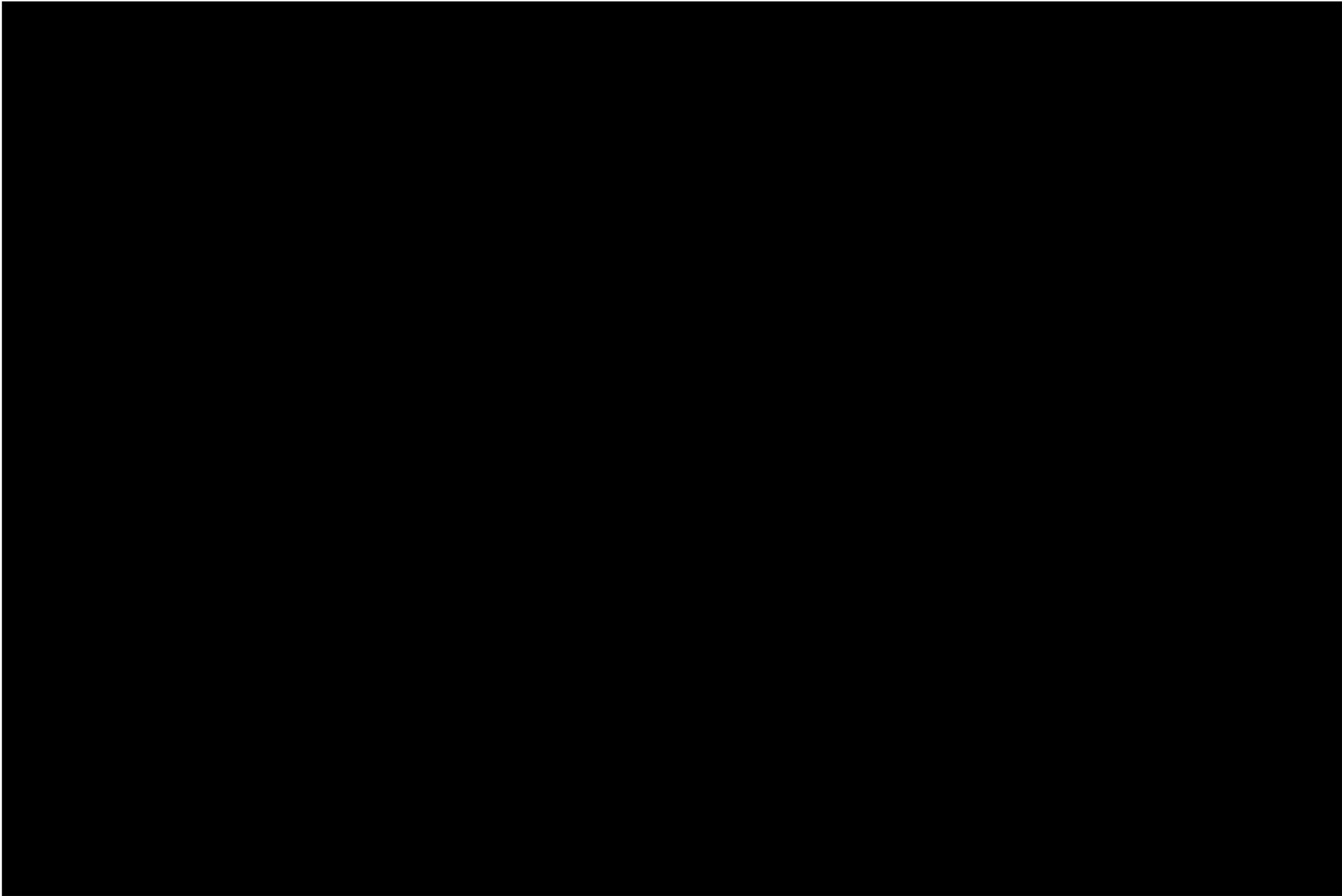






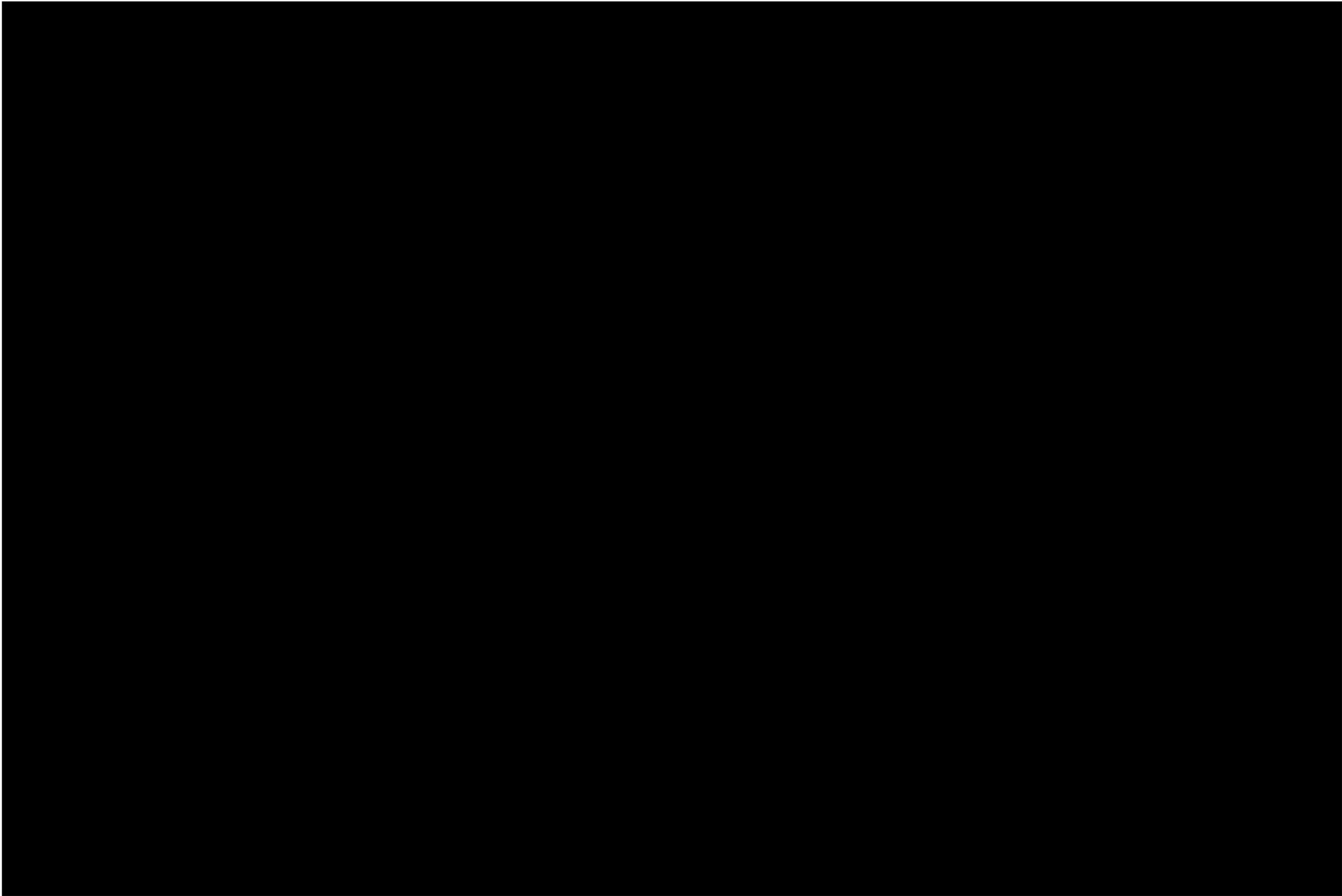


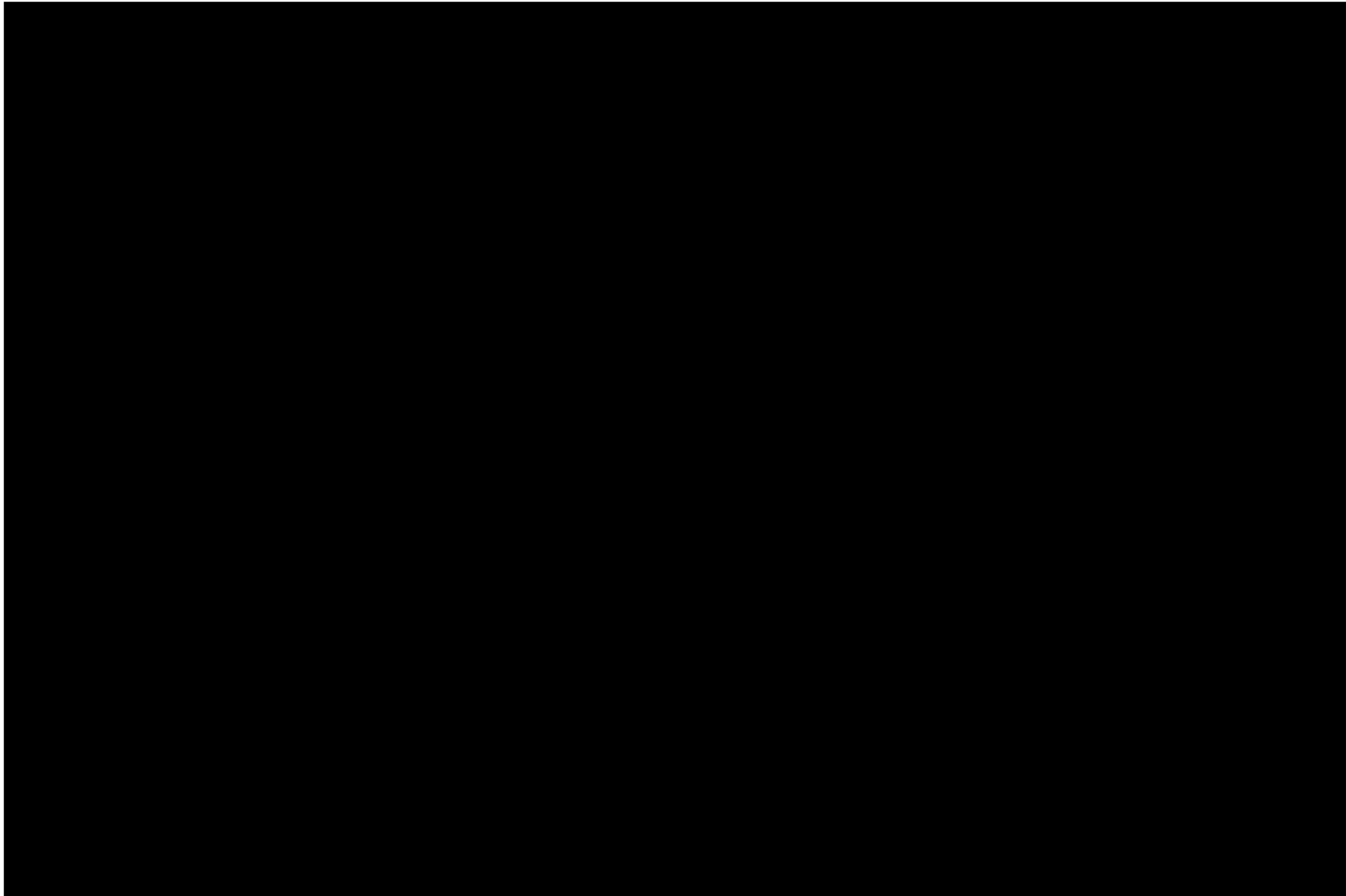


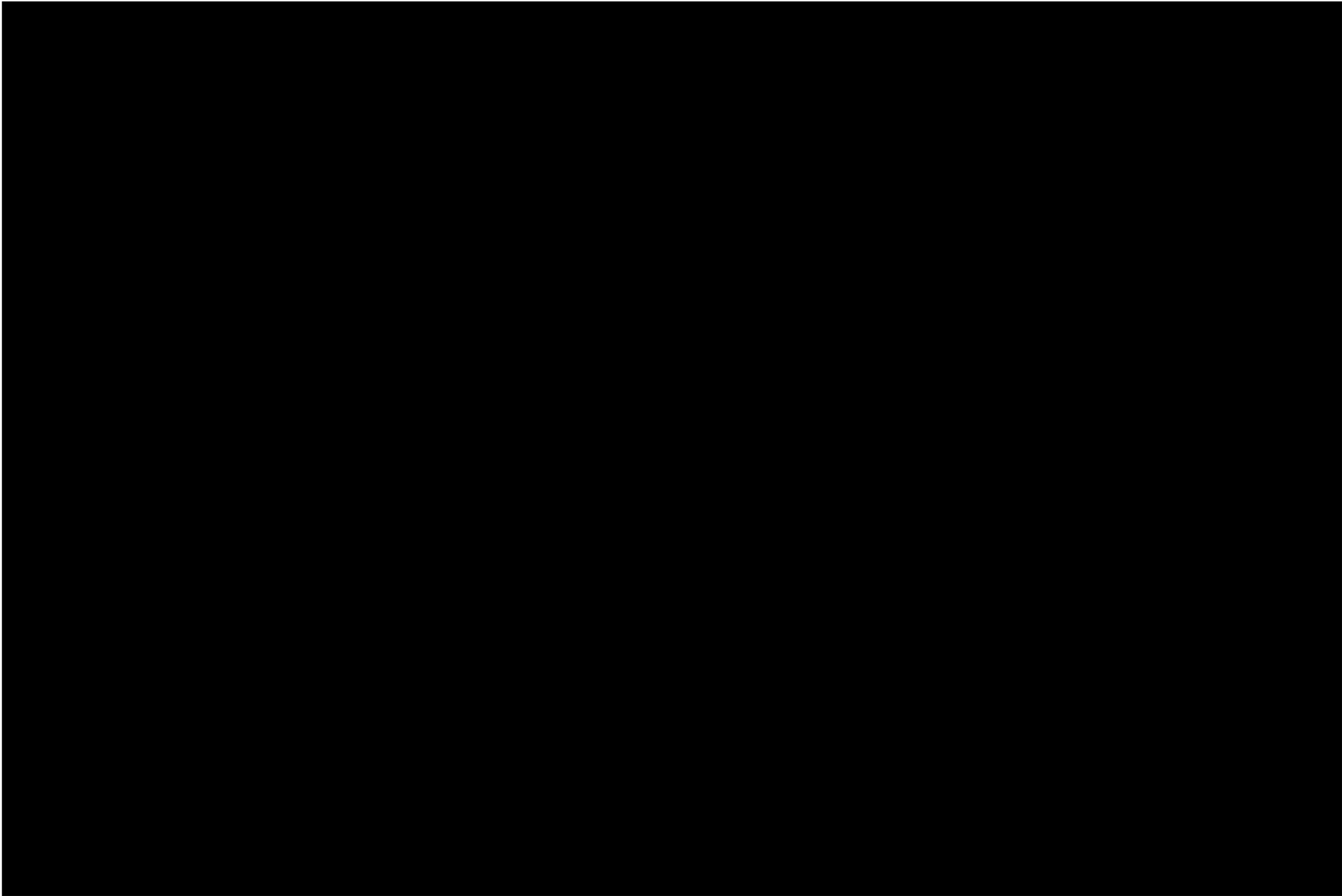


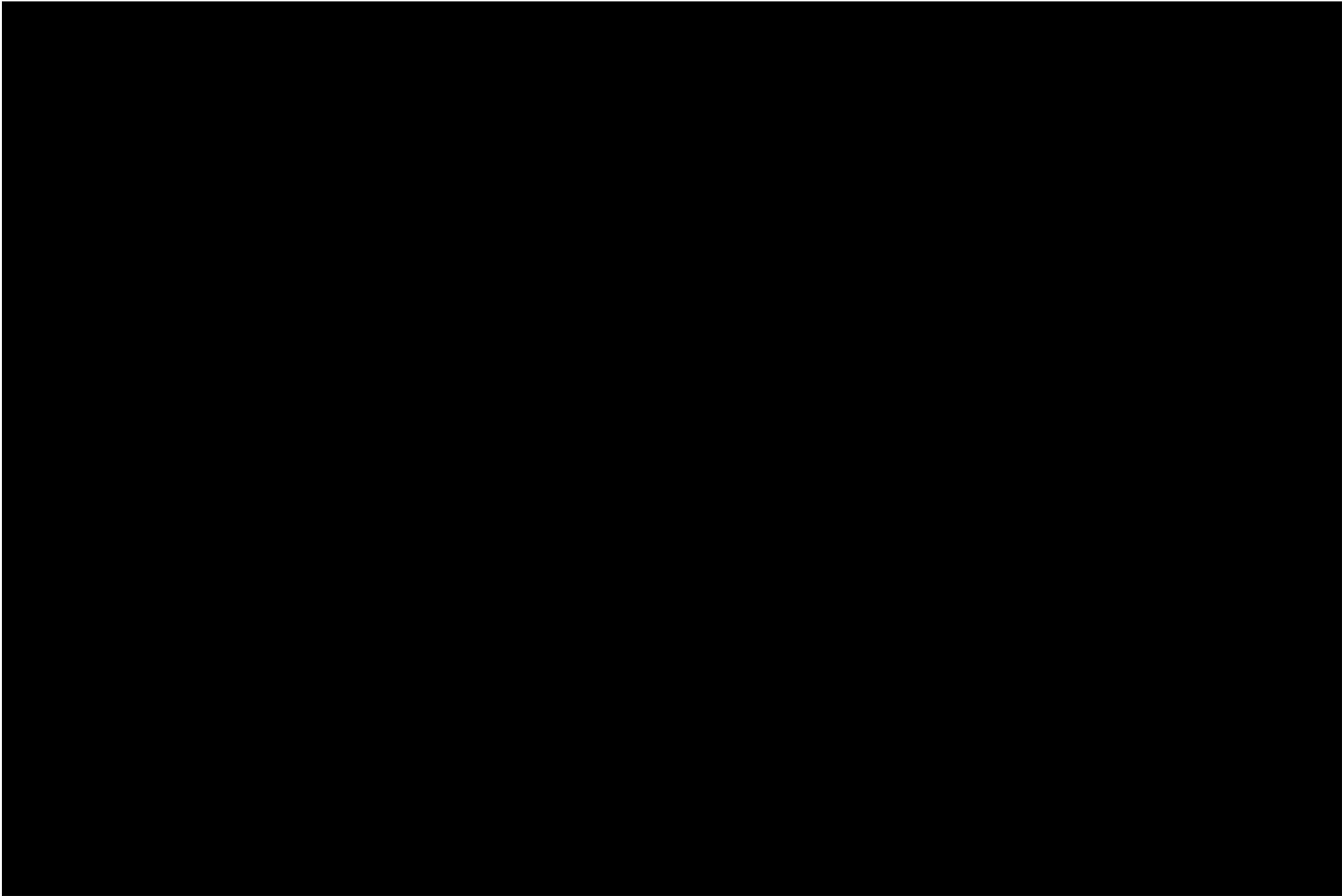


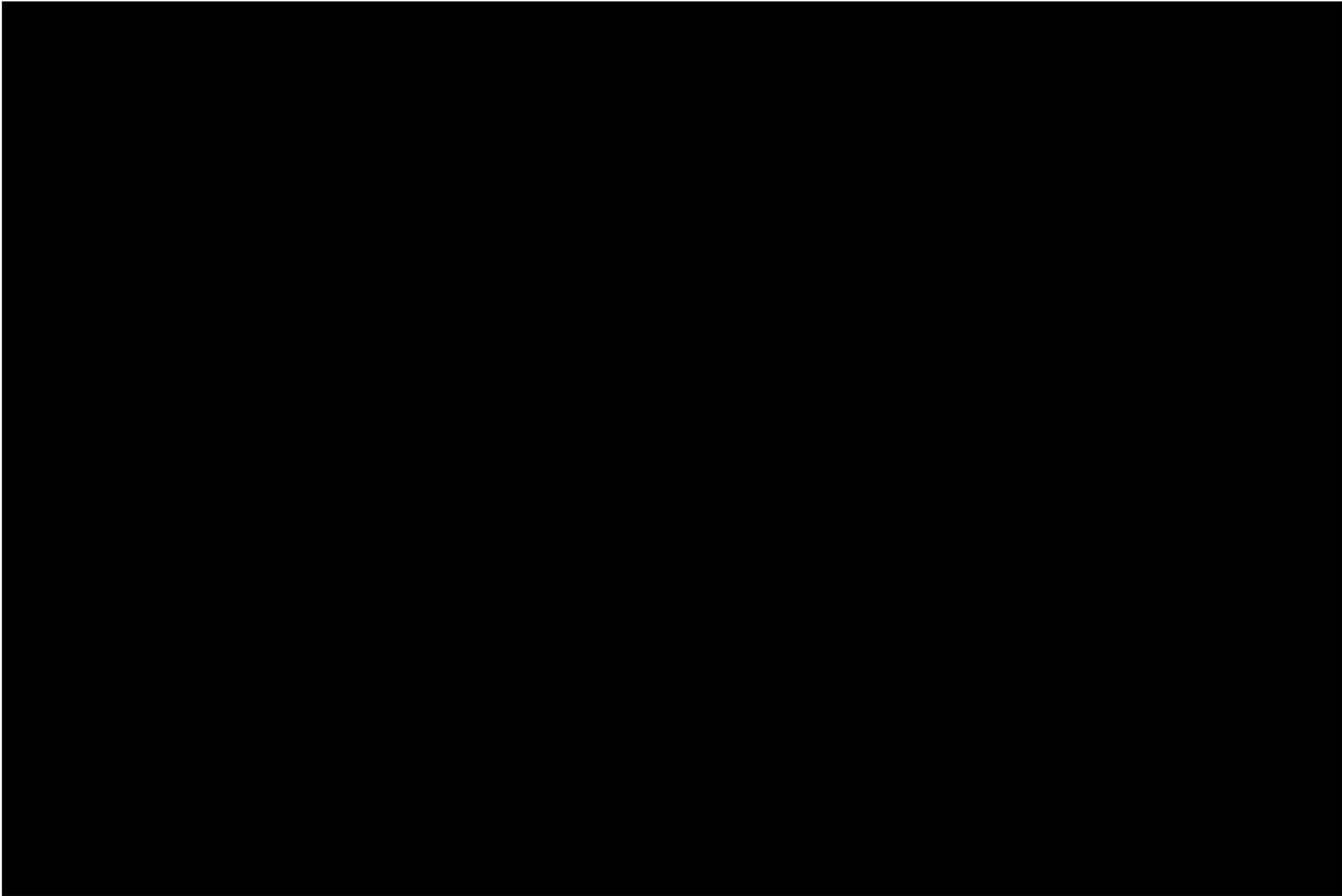
Tavole Progetto

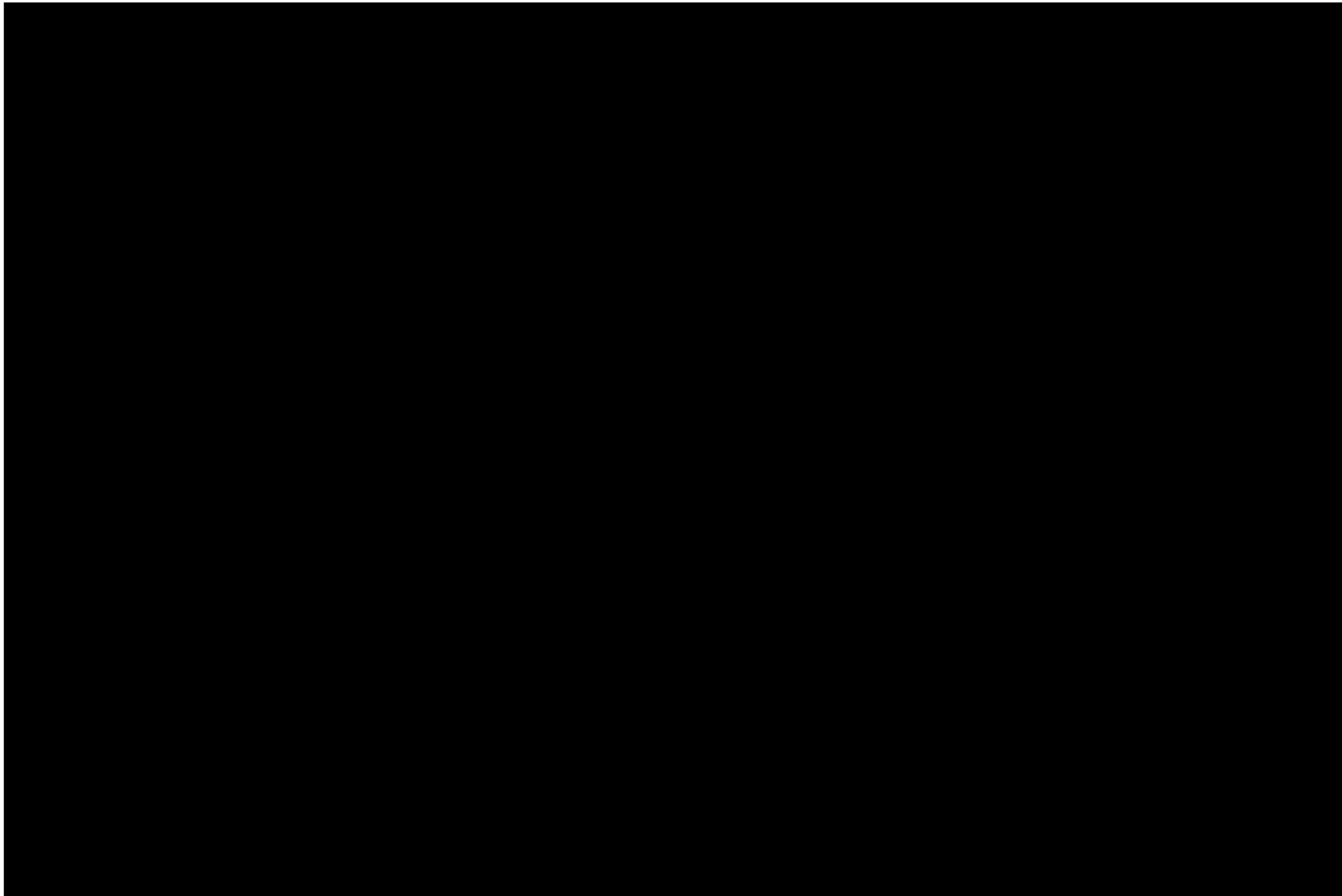






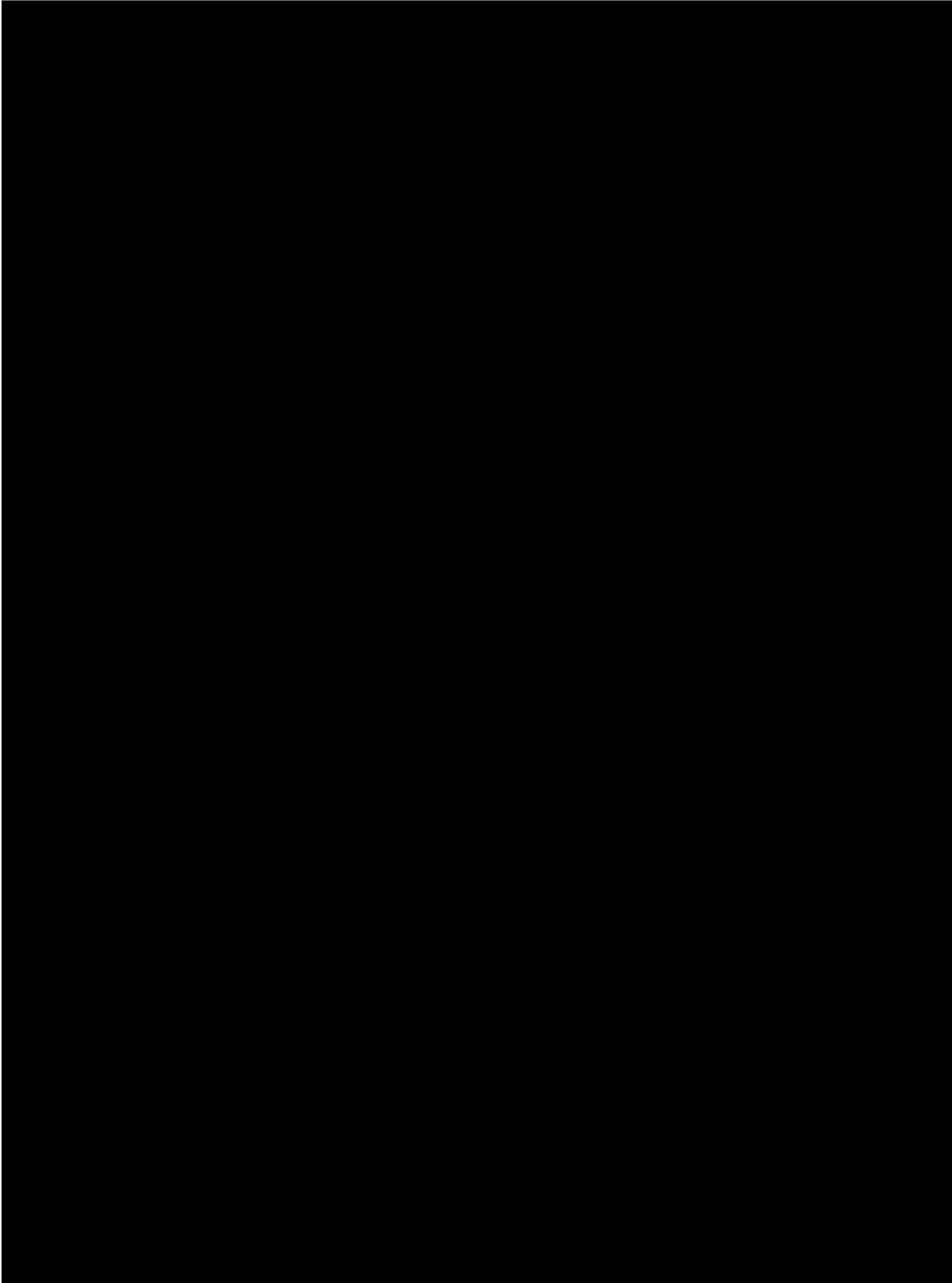


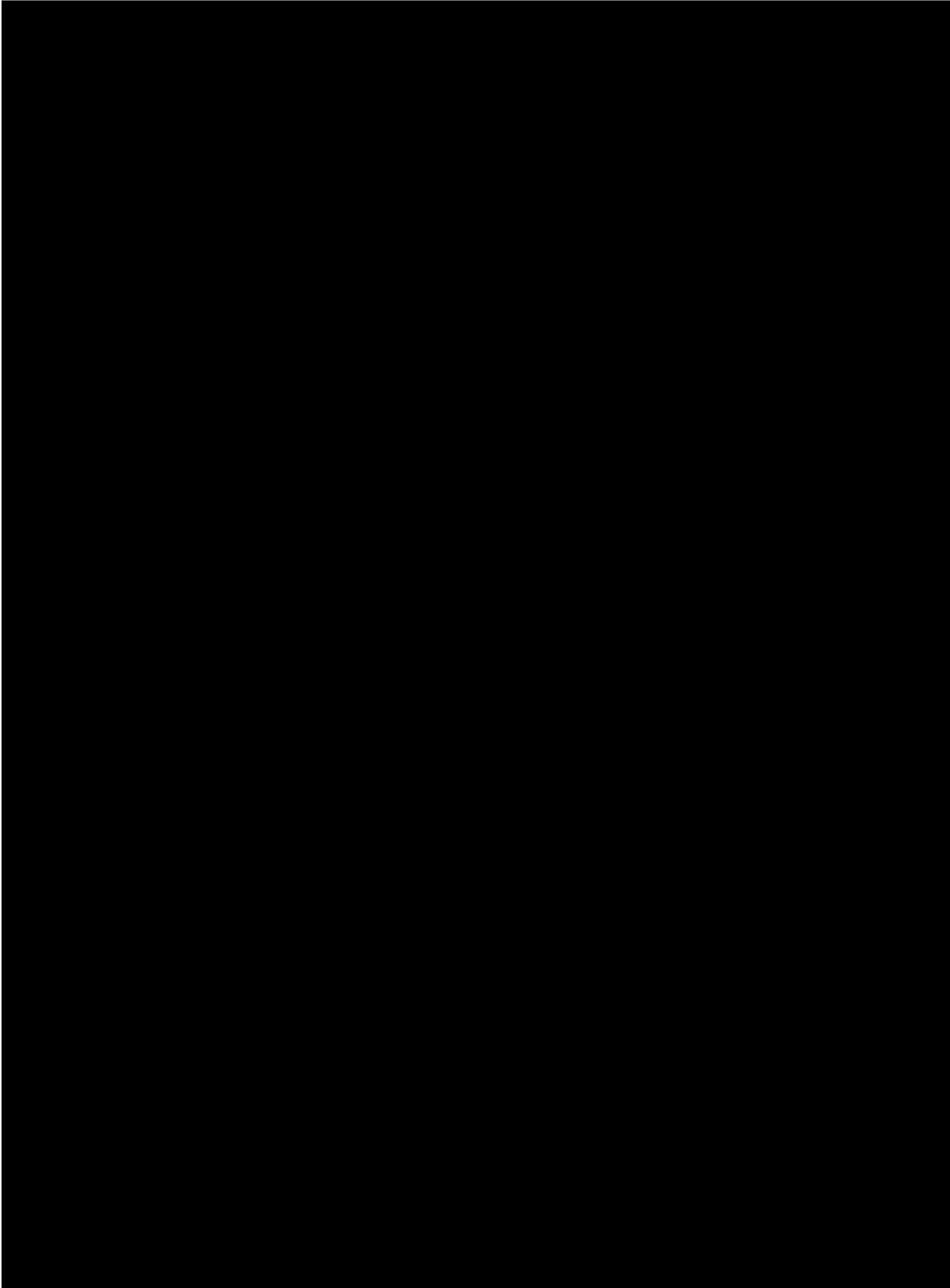


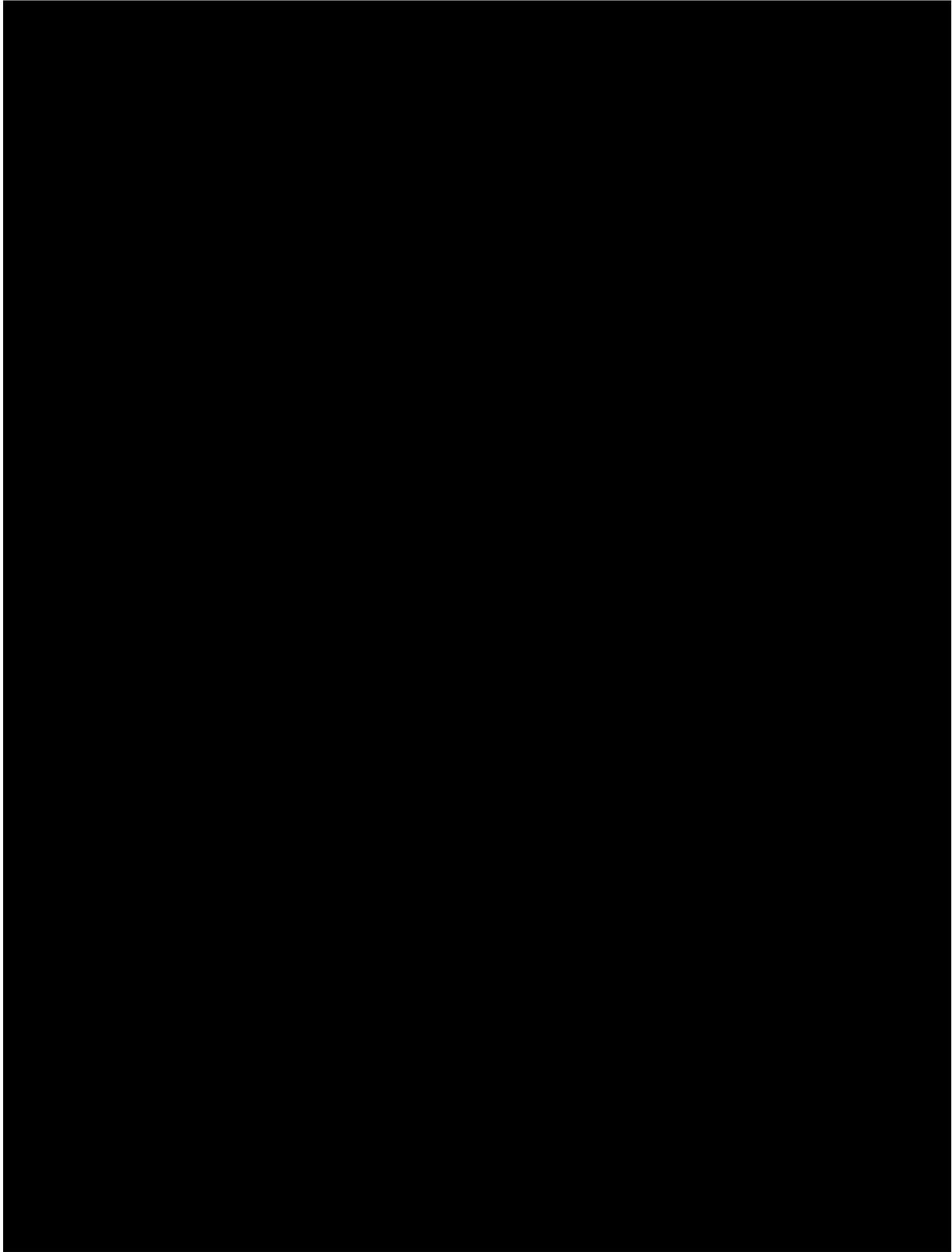


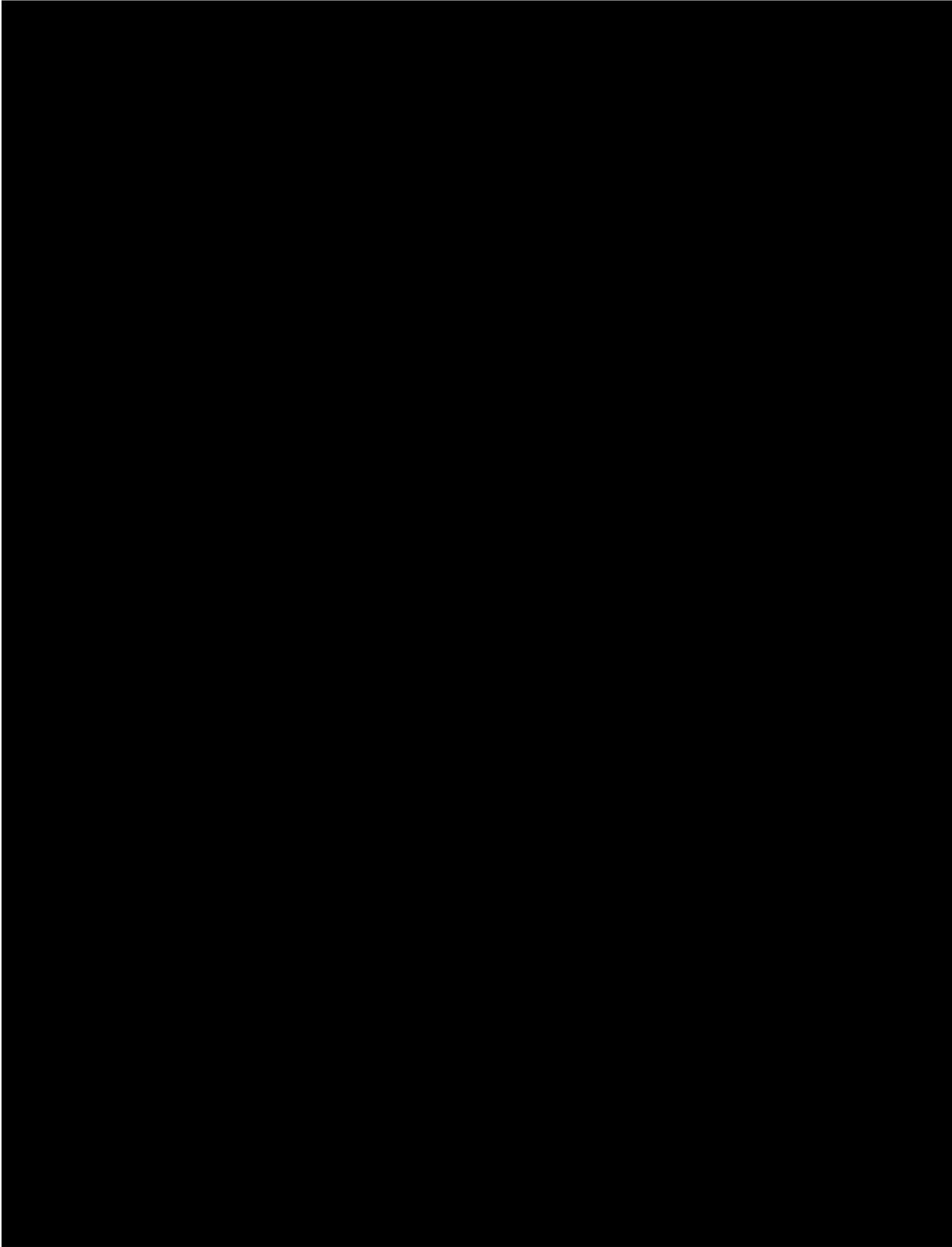
Allegato A
Calcoli Illuminotecnici

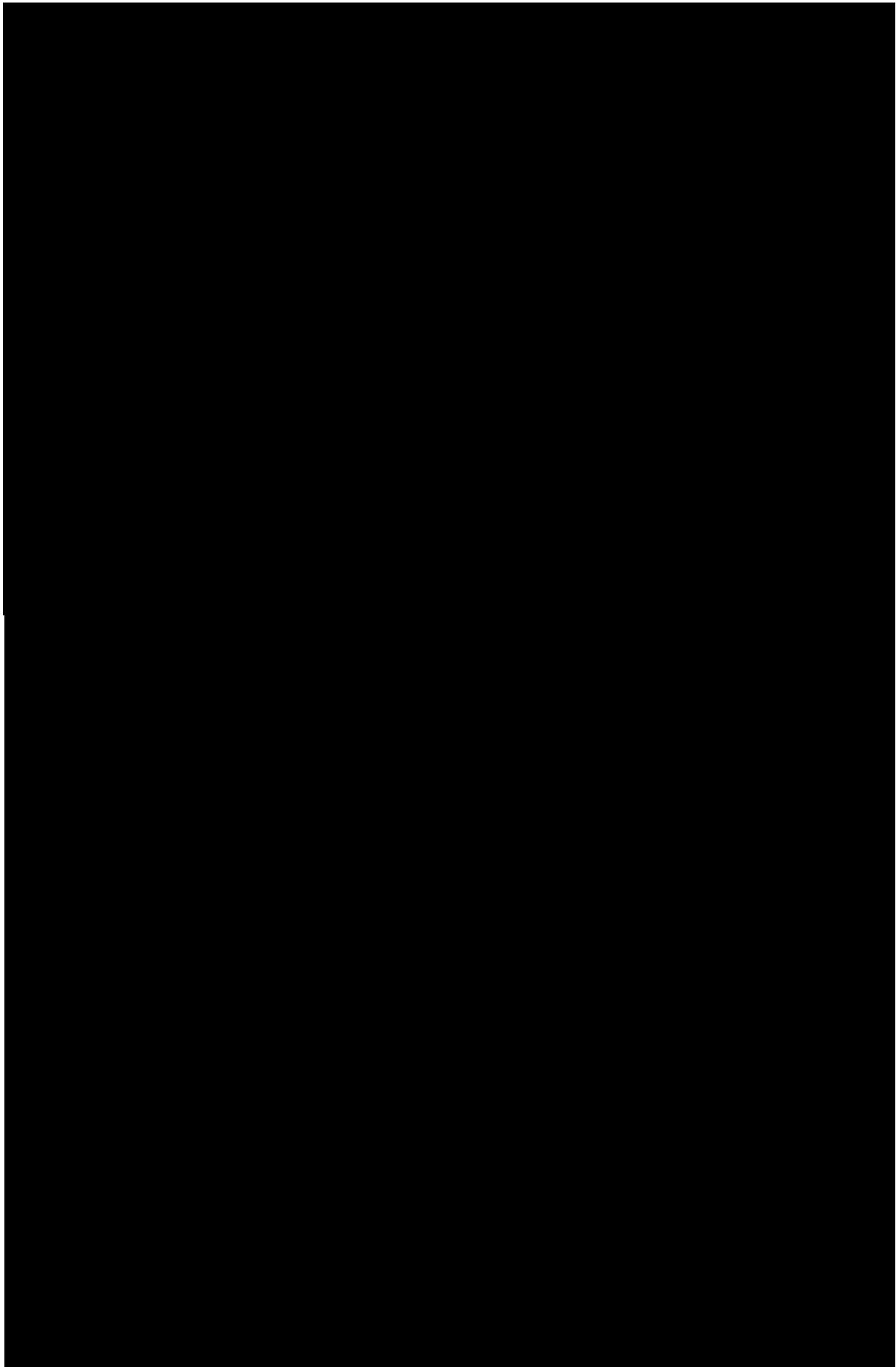


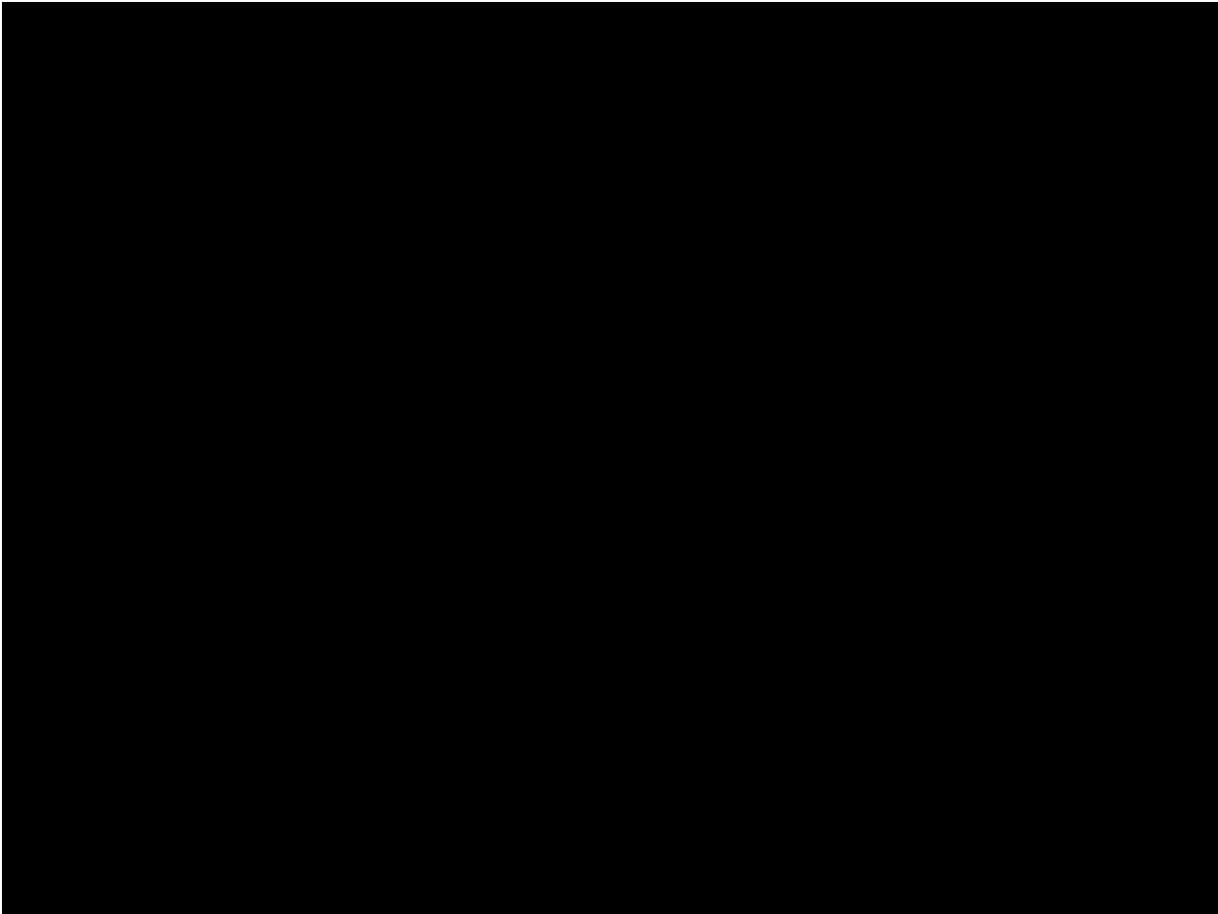
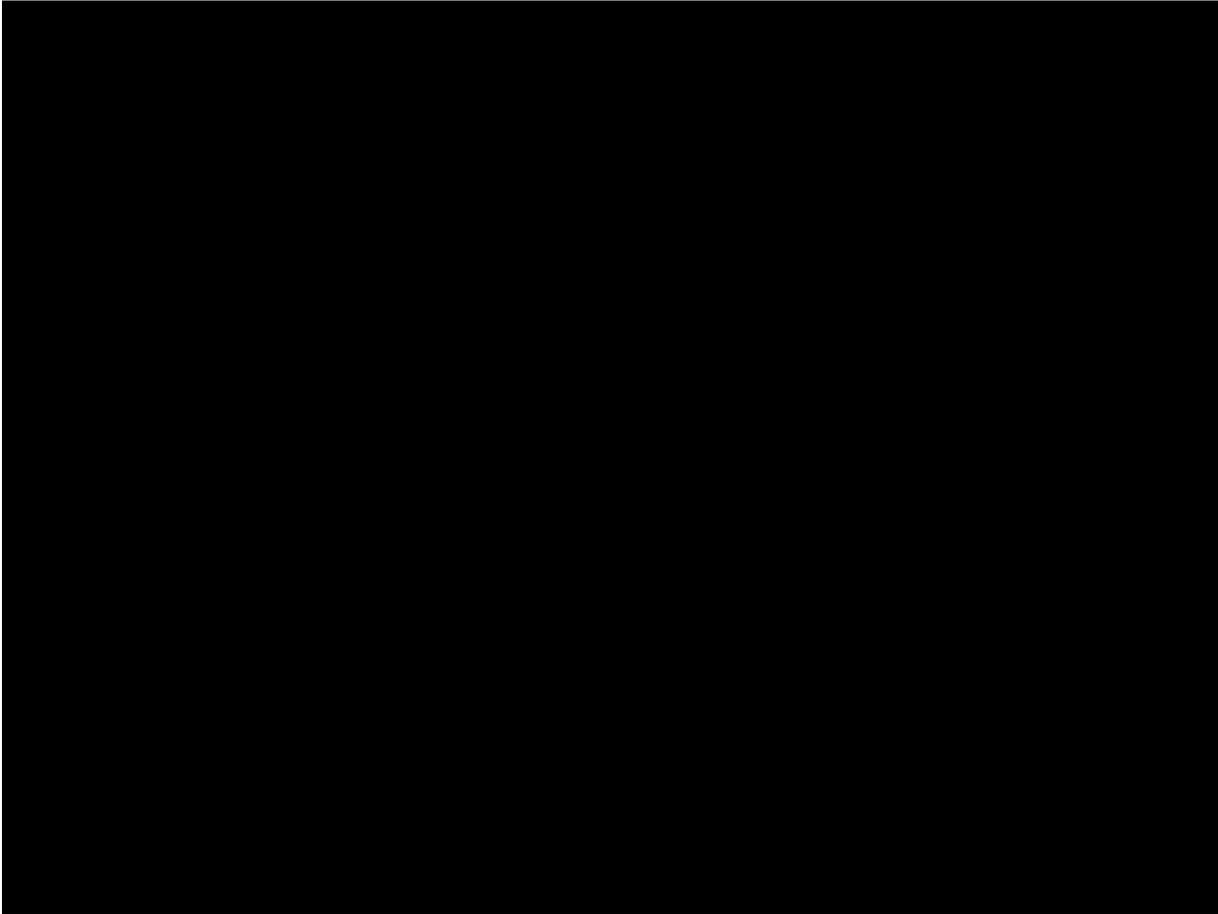


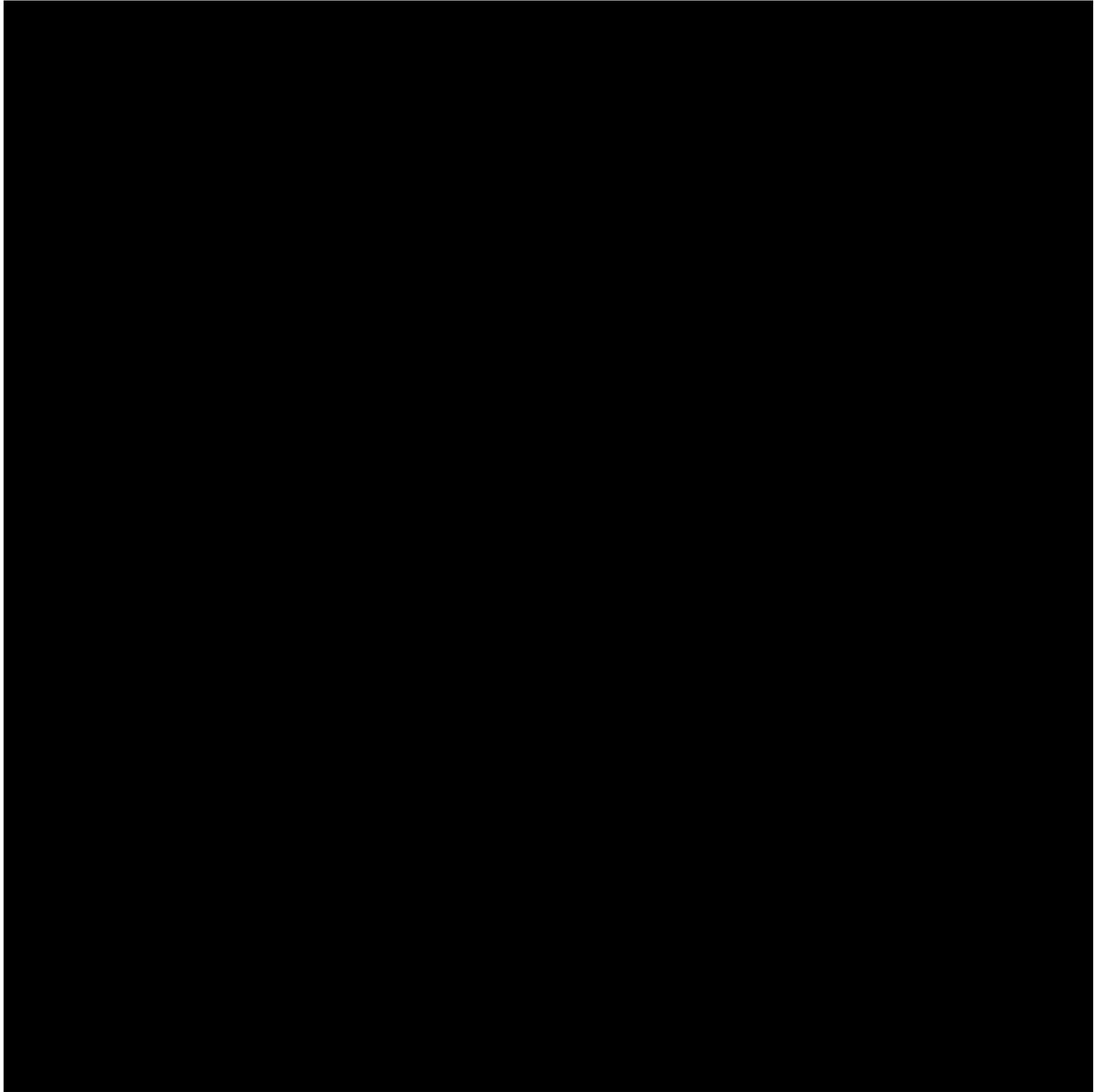


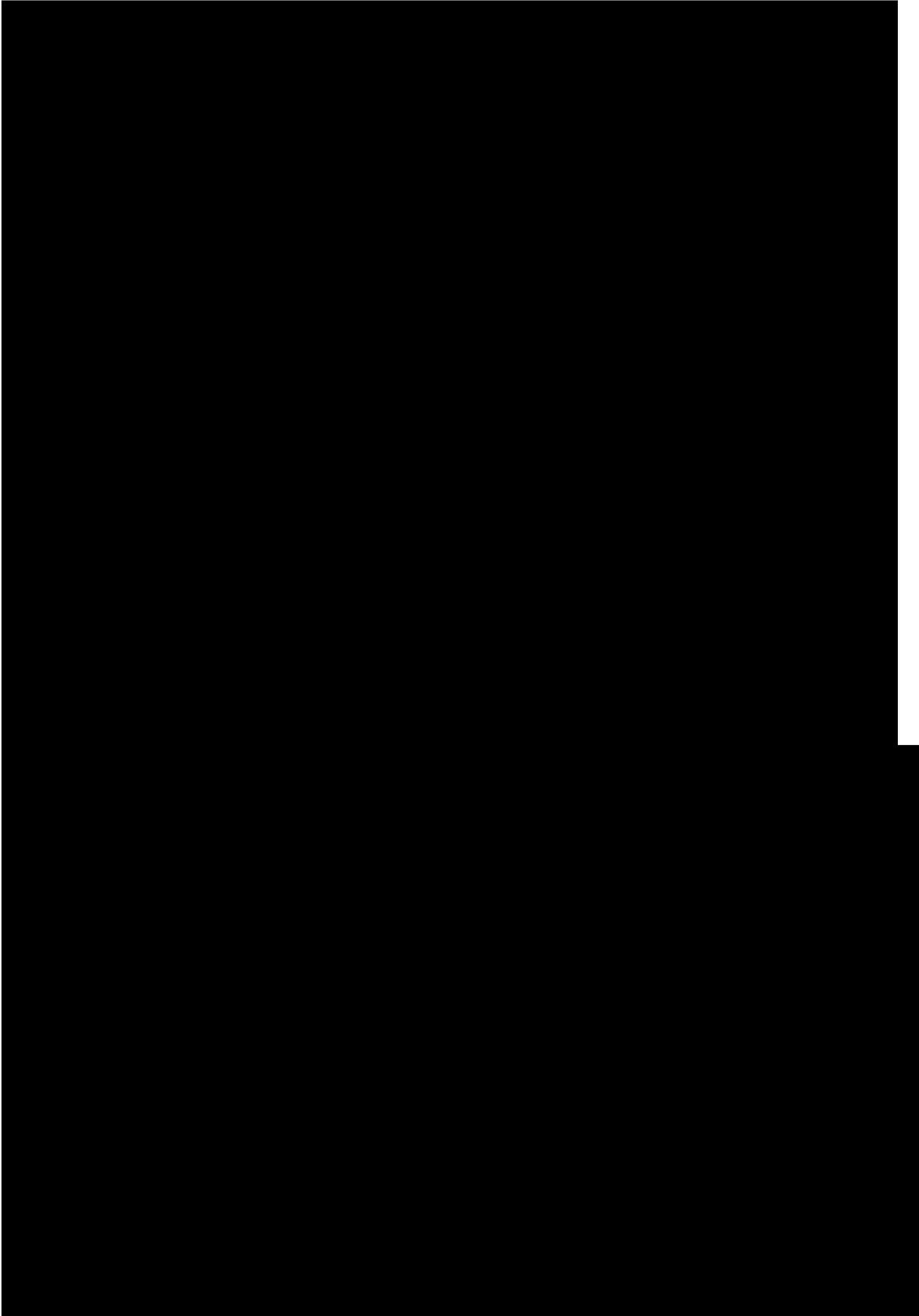


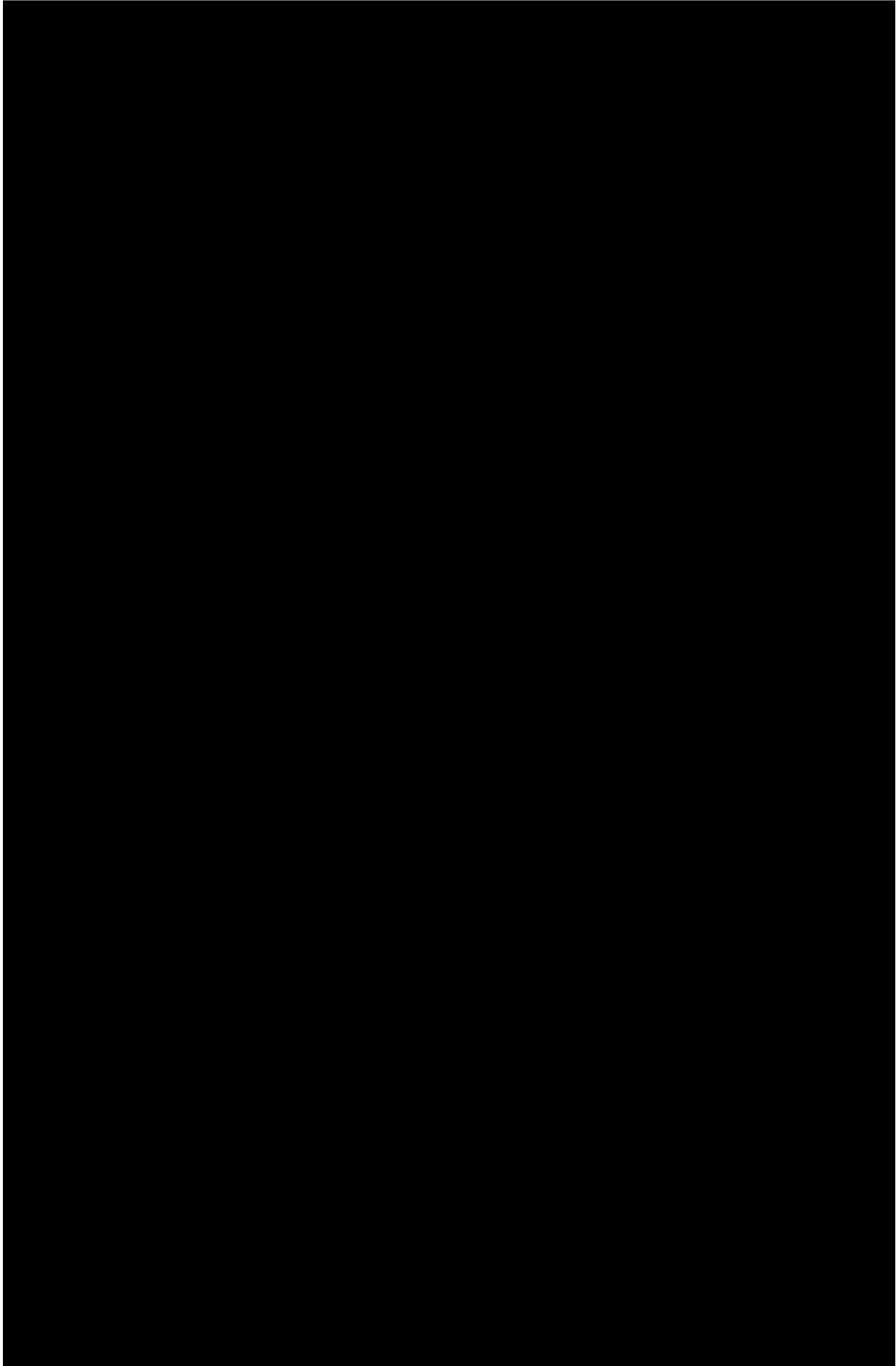


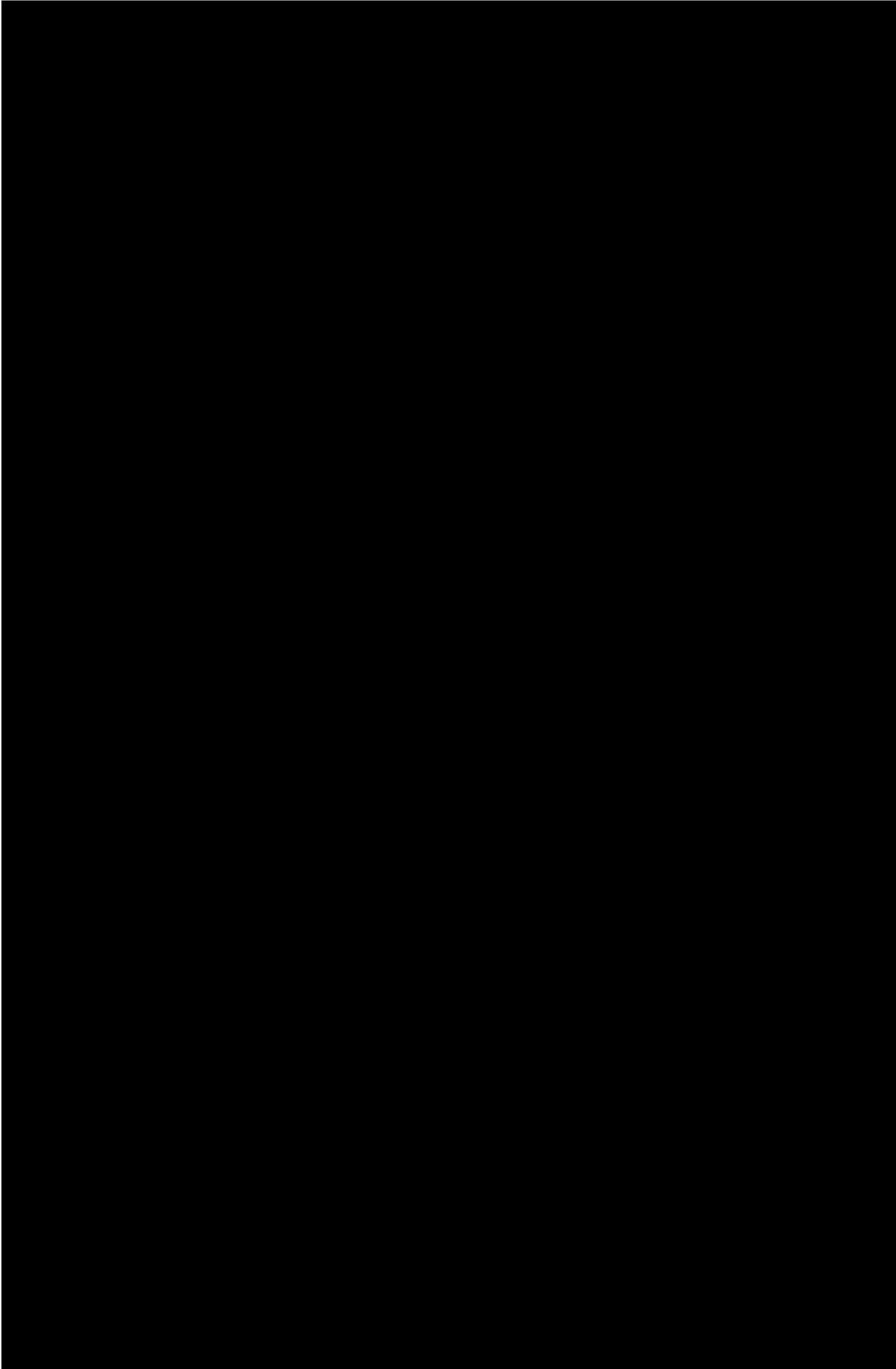


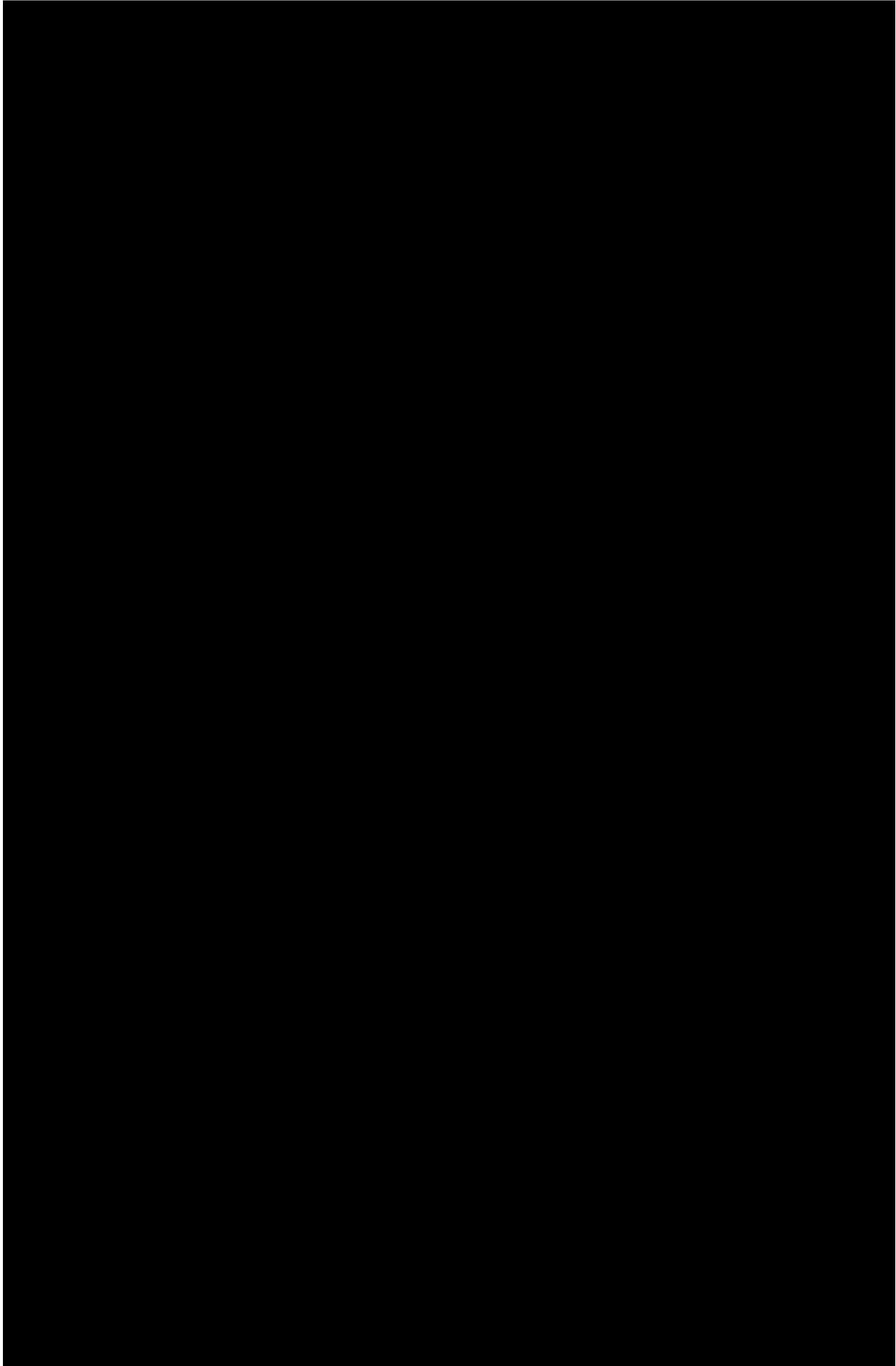














Allegato A



