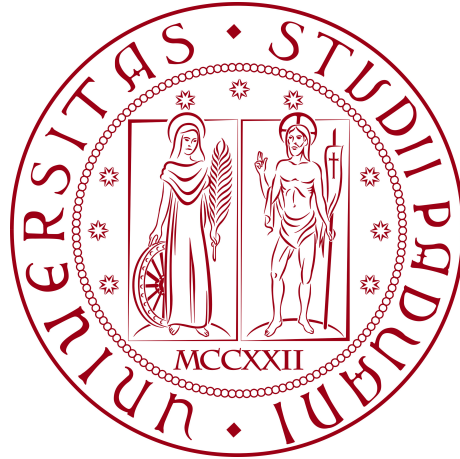


Università degli Studi di Padova

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA “TULLIO LEVI-CIVITA”

CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA



**Ottimizzazione dell’impatto ambientale di siti
web sviluppati con WordPress e PrestaShop**

Tesi di Laurea

Relatore

Prof. Gaggi Ombretta

Laureanda

Marcon Giulia

Matricola 2075541

ANNO ACCADEMICO 2024-2025

Sommario

Il presente elaborato descrive il progetto condotto dalla laureanda Giulia Marcon durante il tirocinio formativo presso *VisioneImpresa S.r.l. Società Benefit*, volto a migliorare le prestazioni e ridurre l'**impatto ambientale** dei siti aziendali realizzati con *WordPress* e *PrestaShop*. L'intervento ha incluso l'adozione di tecniche di **web design sostenibile** quali l'ottimizzazione avanzata di immagini e video, la riduzione delle dipendenze da risorse esterne, l'attivazione di sistemi di **caching** e l'alleggerimento del codice mediante la sostituzione di componenti pesanti con soluzioni personalizzate. Il lavoro dimostra come un approccio tecnico mirato possa generare benefici concreti in termini di efficienza operativa e **sostenibilità digitale**.

Indice

1	Contesto aziendale e progetto	1
1.1	Presentazione dell'azienda e obiettivi del tirocinio	1
1.1.1	Evoluzione verso la sostenibilità	2
1.1.2	Settore di riferimento e posizionamento	4
1.1.3	Portfolio prodotti e servizi web	4
1.2	Progetti oggetto di studio	6
1.2.1	Sito aziendale WordPress	6
1.2.1.1	Organizzazione dei contenuti	7
1.2.1.2	Caratteristiche tecniche	8
1.2.1.3	Criticità identificate	8
1.2.2	Sito e-commerce PrestaShop	9
1.2.2.1	Caratteristiche della piattaforma	9
1.2.2.2	Caratteristiche tecniche	10
1.2.2.3	Criticità identificate	11
1.3	Convenzioni tipografiche	11
2	Metodologia e analisi baseline	13
2.1	Stato dell'arte e approccio metodologico	13
2.1.1	Framework teorico delle ottimizzazioni web sostenibili	13
2.1.2	Metodologia di implementazione e testing	15
2.1.3	Strumenti di analisi utilizzati	15
2.1.4	Metriche di riferimento	16
2.2	Metodologia e ambienti di testing	18
2.2.1	Ambiente di staging WordPress	18

2.2.2	Ambiente di testing PrestaShop	18
2.3	Analisi baseline e identificazione delle priorità	19
2.3.1	Performance baseline della piattaforma WordPress	20
2.3.2	Performance baseline della piattaforma e-commerce	22
2.3.3	Criticità identificate	24
2.4	Priorità degli interventi	25
2.4.1	Ottimizzazioni di priorità 1: Interventi ad alto impatto	25
2.4.2	Ottimizzazioni di priorità 2: Interventi a medio impatto	27
2.4.3	Miglioramenti di priorità 3: Interventi di accessibilità e UX	28
3	Ottimizzazioni implementate	30
3.1	Ottimizzazioni sito WordPress	30
3.1.1	Ottimizzazione delle immagini e contenuti multimediali	30
3.1.1.1	Implementazione del lazy loading nativo	31
3.1.1.2	Sistema di compressione e conversione delle immagini	31
3.1.1.3	Ridimensionamento ottimale delle immagini	32
3.1.1.4	Migrazione da video embedded a soluzioni locali ottimizzate	32
3.1.1.5	Ottimizzazione dell'integrazione YouTube	34
3.1.2	Ottimizzazioni avanzate di performance	34
3.1.2.1	Gestione selettiva delle risorse con Asset CleanUp	35
3.1.2.2	Sviluppo di componenti personalizzati	36
3.1.2.2.1	Carosello clienti ottimizzato	36
3.1.2.2.2	Sistema modulare per caroselli software	37
3.1.2.3	Minificazione e ottimizzazioni del codice	37
3.1.2.4	Eliminazione delle dipendenze esterne	38
3.1.3	Miglioramenti di accessibilità e SEO	38
3.1.3.1	Ottimizzazione della struttura semantica HTML	39
3.1.3.2	Conformità agli standard di accessibilità	39
3.1.3.3	Ottimizzazione dei form e dell'interazione utente	40
3.1.3.4	Miglioramenti della user experience	41

3.2	Ottimizzazioni e-commerce PrestaShop	42
3.2.1	Implementazione formato WebP	42
3.2.1.1	Architettura della soluzione WebP	43
3.2.1.2	Automazione tramite processi cron	44
3.2.1.3	Gestione del servizio tramite regole .htaccess	44
3.2.1.4	Interfaccia di gestione web	45
3.2.1.5	Risultati della implementazione WebP	46
3.2.2	Implementazione lazy loading	48
3.2.2.1	Configurazione tramite tema child	49
3.2.2.2	Modifiche ai template	49
3.2.2.3	Benefici dell'implementazione	49
3.2.3	Ottimizzazioni cache native	50
3.2.3.1	Configurazione cache Smarty	50
3.2.3.2	Sistema CCC (Combinazione, Compressione e Cache)	50
3.2.3.3	Impatto delle ottimizzazioni	51
3.3	Confronto degli approcci tra le due piattaforme	51
3.3.1	Paradigmi di ottimizzazione	51
3.3.1.1	WordPress: approccio plugin-centered	52
3.3.1.2	PrestaShop: approccio development-intensive	52
3.3.2	Gestione delle immagini: strategie a confronto	53
3.3.2.1	WordPress: automazione integrata	53
3.3.2.2	PrestaShop: controllo granulare	53
3.3.3	Strategie tecniche a confronto	54
3.3.4	Aspetti emersi	54
4	Risultati, analisi e conclusioni	56
4.1	Sintesi dei risultati quantitativi	56
4.1.1	Piattaforma WordPress	57
4.1.1.1	Performance mobile	57
4.1.1.2	Performance desktop	57

4.1.1.3	Impatto sulle risorse di rete e sostenibilità ambientale	58
4.1.2	Piattaforma PrestaShop	58
4.1.2.1	Performance mobile	59
4.1.2.2	Performance desktop	59
4.1.2.3	Impatto sulle risorse di rete e sostenibilità ambientale	60
4.1.3	Confronto cross-platform	60
4.2	Analisi dell’impatto sulla sostenibilità ambientale	61
4.2.1	Riduzione emissioni CO ₂	62
4.2.1.1	Proiezione dell’impatto per il portafoglio clienti	62
4.2.2	Ottimizzazione del peso delle pagine	62
4.2.2.1	WordPress: riduzione sistematica	62
4.2.2.2	PrestaShop: ottimizzazioni mirate	63
4.2.3	Efficienza energetica complessiva	63
4.3	Valutazione delle performance web	63
4.3.1	Miglioramenti Core Web Vitals	64
4.3.2	Impatto su mobile vs desktop	64
4.3.2.1	Gap prestazionale	64
4.3.2.2	Specificità delle ottimizzazioni	65
4.3.3	Valutazione dei benefici rispetto ai costi delle ottimizzazioni implementate	65
4.3.3.1	Benefici diretti	65
4.3.3.2	Benefici indiretti	65
4.4	Considerazioni critiche e limitazioni	66
4.4.1	Variabilità delle misurazioni	66
4.4.2	Limitazioni dell’approccio	66
4.4.3	Specificità dei casi studio	66
4.4.4	Maintenance overhead	67
	Glossario	i
	Bibliografia	iii

Elenco delle figure

1.1	Obiettivi della <i>Società Benefit VisioneImpresa s.r.l</i>	3
3.1	Confronto visualizzazione mobile: tabella contatti prima e dopo l'ottimizzazione semantica	41
3.2	Confronto visualizzazione mobile: galleria immagini "Chi siamo" prima e dopo l'ottimizzazione con <i>CSS Grid</i>	42

Elenco delle tabelle

2.1	Confronto dei Core Web Vitals tra Mobile e Desktop - <i>vsh.it</i> .	20
2.2	Performance PageSpeed Insights per tipologia di pagina - <i>vsh.it</i>	21
2.3	Sostenibilità ambientale per tipologia di pagina - <i>vsh.it</i>	21
2.4	Confronto dei Core Web Vitals tra Mobile e Desktop - <i>movishop.it</i>	22
2.5	Performance PageSpeed Insights per tipologia di pagina - <i>movishop.it</i>	23
2.6	Sostenibilità ambientale per tipologia di pagina - <i>movishop.it</i> .	23
3.1	Confronto metriche performance: migrazione da embed <i>Vimeo</i> a video locali ottimizzati	33

3.2	Confronto performance: embed <i>YouTube</i> standard vs <i>WP YouTube Lyte</i>	34
3.3	Confronto metriche ottimizzazione homepage: prima e dopo <i>Asset CleanUp</i>	35
3.4	Miglioramenti mobile: performance <i>PageSpeed Insights</i> dopo implementazione <i>WebP</i>	46
3.5	Miglioramenti desktop: performance <i>PageSpeed Insights</i> dopo implementazione <i>WebP</i>	47
3.6	Miglioramenti sostenibilità ambientale: metriche <i>Ecograder</i> dopo implementazione <i>WebP</i>	47
3.7	Miglioramenti performance generali: metriche <i>Yellow Lab Tools</i> dopo implementazione <i>WebP</i>	48
3.8	Confronto approcci tecnici tra <i>WordPress</i> e <i>PrestaShop</i>	54
4.1	Confronto miglioramenti percentuali tra <i>WordPress</i> e <i>PrestaShop</i>	61

Capitolo 1

Contesto aziendale e progetto

Il presente capitolo introduce il contesto aziendale in cui si è svolto il tirocinio e delinea gli obiettivi del progetto di ottimizzazione dell'**impatto ambientale** dei siti web. La crescente attenzione verso la sostenibilità digitale e l'impatto delle tecnologie informatiche ha spinto numerose aziende a riconsiderare le proprie strategie di sviluppo web. In questo scenario, VisioneImpresa ha identificato nell'**ottimizzazione ambientale** dei siti web un'opportunità strategica per ampliare la propria offerta di servizi e consolidare il proprio posizionamento come *società benefit*_G.

Attraverso una panoramica dell'azienda ospitante e dei progetti oggetto di studio, si fornisce il quadro di riferimento necessario per comprendere le sfide affrontate e le soluzioni implementate. Il capitolo esplora inoltre le motivazioni che hanno portato alla definizione del progetto di tirocinio e il suo allineamento con gli obiettivi strategici aziendali.

1.1 Presentazione dell'azienda e obiettivi del tirocinio

VisioneImpresa S.r.l. Società Benefit è una *software house*_G italiana con sede a Pernumia (Padova) che opera da oltre quarant'anni nel settore delle soluzioni informatiche per piccole e medie imprese. Fondata con l'obiettivo di fornire sistemi *Enterprise Resource Planning (ERP)*_G e soluzioni gestionali

integrate, l'azienda si è evoluta nel corso degli anni per diventare un partner tecnologico di riferimento per le *Piccole e Medie Imprese (PMI)*_G del Nord Italia.

Con una solida esperienza nel settore informatico, ha sviluppato nel tempo competenze specifiche nella progettazione e implementazione di soluzioni software personalizzate. Dal 2016 *VisioneImpresa* è entrata a far parte del gruppo *Officegroup*, consolidando la sua posizione nel mercato delle software house specializzate in sistemi gestionali.

Un passaggio significativo nella storia recente è stata la trasformazione in **società benefit** nel 2023, riflettendo l'impegno verso la **sostenibilità ambientale** e la **responsabilità sociale d'impresa**.

La filosofia aziendale si articola attorno al concetto di **sostenibilità digitale**, che comprende non solo l'**efficienza energetica** dei sistemi sviluppati, ma anche l'ottimizzazione delle risorse tecnologiche per ridurre l'**impatto ambientale**. Questo approccio si riflette sia nei prodotti offerti che nei processi interni, creando un contesto ideale per progetti di ottimizzazione delle prestazioni web orientati alla sostenibilità.

1.1.1 Evoluzione verso la sostenibilità

La trasformazione in società benefit rappresenta un elemento distintivo che allinea perfettamente l'azienda con gli obiettivi del presente progetto di tirocinio. Una società benefit, infatti, è un'organizzazione che opera con l'obiettivo di generare un impatto positivo sulla società e sull'ambiente, oltre al profitto finanziario. Questo status giuridico impone all'azienda di perseguire finalità di beneficio comune attraverso attività economiche responsabili, sostenibili e trasparenti.

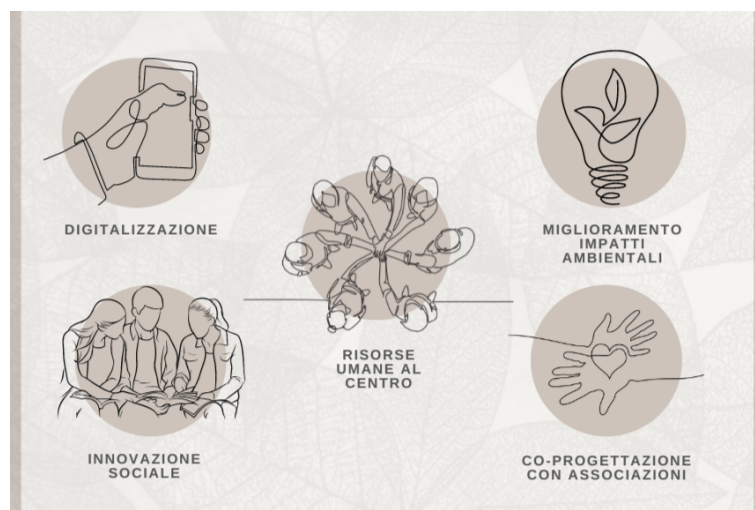


Figura 1.1: Obiettivi della *Società Benefit VisioneImpresa s.r.l*

Gli obiettivi principali che caratterizzano *VisioneImpresa* come società benefit, illustrati nella figura 1.1, includono:

- **Digitalizzazione:** Promozione dell'innovazione tecnologica per migliorare l'efficienza dei processi aziendali
- **Innovazione sociale:** Sviluppo di soluzioni che creino valore sociale per la comunità
- **Risorse umane al centro:** Valorizzazione del benessere dei dipendenti attraverso politiche di conciliazione vita-lavoro
- **Miglioramento impatti ambientali:** Riduzione dell'impatto ambientale attraverso scelte tecnologiche sostenibili
- **Co-progettazione con associazioni:** Collaborazione con organizzazioni del territorio per progetti di utilità sociale

L'adozione dello status di società benefit non è stata una scelta puramente formale, ma riflette una strategia aziendale più ampia orientata alla sostenibilità. Questa visione si traduce in un approccio operativo che integra responsabilità sociale e ambientale nei processi decisionali quotidiani, dimostrando come sia possibile coniugare efficacemente performance economica e impatto positivo sul territorio.

1.1.2 Settore di riferimento e posizionamento

VisioneImpresa opera principalmente nel mercato delle PMI del Nord Italia, con una crescente espansione verso il Centro Italia e la Sardegna. L'appartenenza al gruppo *Officegroup* dal 2016 ha consolidato il posizionamento dell'azienda nel panorama delle **software house** specializzate in *sistemi gestionali* *G* evoluti.

Il settore delle PMI italiane rappresenta un contesto particolarmente strategico per lo sviluppo di soluzioni sostenibili. Queste aziende, pur disponendo di risorse limitate per investimenti in tecnologie avanzate, mostrano una crescente sensibilità verso le tematiche ambientali e una domanda emergente per soluzioni che coniughino efficienza operativa e responsabilità ecologica.

L'azienda ha sviluppato competenze specifiche in diversi settori verticali, tra cui:

- **Settore energetico:** *VisionENERGY* per aziende petrolifere e energetiche
- **Industria alimentare:** *VisionBLUE* (ittico) e *VisionFRESH* (ortofruticolo)
- **Servizi industriali:** *VisionASSISTANCE* (post-vendita), *VisionANTINCENDI* (sicurezza)
- **Logistica e trasporti:** *VisionTRASPORTI* per il settore dei trasporti

Questa diversificazione settoriale ha permesso a *VisioneImpresa* di acquisire una comprensione approfondita delle diverse esigenze aziendali e di sviluppare **soluzioni tecnologiche** adattabili a contesti operativi eterogenei, creando un vantaggio competitivo significativo nel mercato di riferimento.

1.1.3 Portfolio prodotti e servizi web

VisioneImpresa si distingue nel mercato per il suo approccio "end-to-end", sviluppando un ecosistema completo di soluzioni proprietarie integrate. A differenza di altre realtà che si appoggiano a piattaforme esterne, l'azienda ha creato un sistema coeso che comprende:

VisionENTERPRISE: Il sistema gestionale utilizzato per la dematerializzazione dei processi aziendali, fatturazione elettronica, gestione magazzino e tutti i processi operativi delle PMI clienti.

MoviSHOP: La *piattaforma e-commerce_G* proprietaria progettata per integrarsi nativamente con *VisionENTERPRISE*. Questa soluzione permette alle aziende clienti di avere un negozio online completamente sincronizzato con il loro sistema gestionale, garantendo:

- Sincronizzazione automatica di inventario, ordini e fatturazione
- Gestione unificata di cataloghi prodotti e listini prezzi
- Tracciabilità completa delle spedizioni
- Strumenti avanzati per l'analisi delle vendite
- Supporto tecnico dedicato per personalizzazioni specifiche

Linea *MoviDAT*: Una gamma completa di applicazioni business sviluppate per dispositivi mobili (Android e iOS) che si integrano completamente con i software gestionali *Vision*:

- ***MoviDOC***: Web app per la gestione e condivisione dei documenti aziendali
- ***HANDY***: App per palmare che supporta la movimentazione della merce del magazzino o punto vendita, integrata con *VisionENTERPRISE*
- ***MoviSELL***: App per tablet dedicata agli agenti aziendali, che permette di visualizzare i clienti su mappa, controllare lo stato contabile e inserire ordini direttamente nel ciclo attivo dell'azienda
- ***MoviREP***: App per tablet per la gestione digitalizzata dei rapportini da parte di operatori addetti alla manutenzione o assistenza post-vendita
- ***MoviCHECK***: Applicazione per l'analisi dei dati di business in mobilità, rivolta alle figure direzionali per monitorare fatturato, costi e ricavi con visualizzazioni grafiche avanzate e dati aggiornati in tempo reale

- **MoviEXPENSE**: App per la registrazione automatica delle note spese
- **MoviCHECKIN**: Web app per la registrazione dei visitatori in azienda
- **MoviORDER**: Applicazione per smartphone e tablet che l'azienda può fornire ai propri clienti per l'invio di ordini e richieste di approvvigionamento

Questa architettura integrata rappresenta un vantaggio competitivo significativo rispetto ai competitor che utilizzano soluzioni frammentate, offrendo ai clienti un ecosistema tecnologico coeso, performante e orientato alla sostenibilità.

1.2 Progetti oggetto di studio

Il progetto di tirocinio si è concentrato sull'analisi e l'ottimizzazione di due tipologie di siti web nell'ecosistema VSH (*VisioneImpresa Software House*): il **sito aziendale** istituzionale realizzato con *WordPress*_G e una **piattaforma e-commerce** realizzata con *PrestaShop*_G. Questa scelta ha permesso di valutare approcci e tecniche di ottimizzazione differenti per due contesti d'uso distinti ma rappresentativi delle esigenze dell'azienda.

1.2.1 Sito aziendale WordPress

Il **sito aziendale** di *VisioneImpresa* (*vsh.it*) rappresenta la vetrina digitale principale dell'azienda, fungendo da punto di riferimento per clienti, partner e potenziali interessati alle soluzioni software aziendali. Realizzato con *WordPress*, il sito costituisce il primo oggetto di studio del progetto di tirocinio, offrendo un caso concreto per l'implementazione di tecniche di **ottimizzazione ambientale** su una piattaforma *Content Management System (CMS)*_G ampiamente diffusa.

1.2.1.1 Organizzazione dei contenuti

Il sito `vsh.it` presenta una **struttura gerarchica** ben definita, progettata per guidare l'utente attraverso un percorso informativo che va dalla presentazione aziendale generale fino ai dettagli specifici dei prodotti e servizi offerti. L'**architettura informativa** è organizzata secondo le seguenti macro-aree:

Area istituzionale:

- **Homepage:** punto di ingresso principale con overview dei servizi
- **Sezione azienda:** presentazione dell'identità e dei valori aziendali
- **Società benefit:** dettagli sulla certificazione e sugli impegni sociali

Portfolio prodotti: Il cuore del sito è rappresentato dalla sezione software, che cataloga l'intera gamma di soluzioni VSH suddivise per settore merceologico. La linea Vision comprende software gestionali verticali specializzati per settori specifici come officine elettromeccaniche (*VisionELETTRO*), antincendio (*VisionANTINCENDIO*), agroalimentare (*VisionFRESH*), trasporti (*VisionTRASPORTI*), prodotti petroliferi (*VisionENERGY*) e ittici (*VisionBLUE*), oltre alla soluzione generalista *VisionENTERPRISE*.

La linea *MoviDAT* si focalizza invece su applicazioni business trasversali per la gestione aziendale, includendo soluzioni per presenze, forza vendita, ticketing, timesheet, gestione spese e documentale. Completano l'offerta soluzioni specialistiche come *HANDY* per dispositivi mobili, *VisionFE* per fatturazione elettronica, *VisionDMS* per document management ed *EFLOW* per workflow management.

Area servizi e supporto:

- **Sezione servizi:** overview dei servizi di implementazione e supporto
- **Help desk:** informazioni sui servizi di assistenza tecnica
- **Formazione e consulenza:** dettagli sui servizi di training

Area comunicazione:

- **News:** aggiornamenti e comunicazioni aziendali

- **Video:** contenuti multimediali esplicativi
- **Fiere ed eventi:** calendario delle partecipazioni fieristiche

Area business development:

- **Casi di successo:** testimonianze e case study clienti
- **Diventa nostro partner:** programma partnership
- **Lavora con noi:** opportunità di carriera

Area funzionale:

- **Contatti:** informazioni di contatto e form di richiesta
- **FAQ:** sezione domande frequenti
- **Privacy policy:** informativa sulla privacy
- **Area riservata:** accesso clienti e partner (areariservata.vsh.it)

1.2.1.2 Caratteristiche tecniche

Il sito web `vsh.it` è implementato utilizzando *WordPress 6.5.5* come **CMS**, con un *tema figlio* del tema *Impreza* e *WPBakery Page Builder* per la gestione del layout. L'architettura include un **ecosistema di plugin** specializzato per SEO, sicurezza, performance, gestione contenuti e comunicazione, garantendo la fruibilità su dispositivi desktop, tablet e mobile attraverso un **design responsive**.

L'analisi tecnica ha rivelato diverse problematiche tipiche dei siti realizzati con *WordPress*, legate principalmente alla natura modulare della piattaforma. La facilità di aggiunta di plugin e funzionalità può infatti portare a una crescita non controllata del **peso delle pagine** e della **complessità del codice**.

1.2.1.3 Criticità identificate

Nel caso specifico di `vsh.it`, le problematiche principali si sono manifestate in diversi ambiti critici. La **gestione delle risorse multimediali** presentava

inefficienze significative: utilizzo predominante di formati tradizionali (JPEG, PNG) non ottimizzati per il web e con dimensioni spesso superiori a quelle effettivamente necessarie per la visualizzazione nel sito. I video utilizzavano *iframe*_G pesanti che caricavano script esterni ridondanti, aumentando il numero di richieste HTTP e rallentando il sito.

Il **plugin overhead** costituiva un'altra criticità rilevante, con codice CSS e JavaScript ridondante generato da *WPBakery Page Builder*, *Contact Form 7* e feed social anche su pagine dove non erano utilizzati. Le **dipendenze esterne** (*OwlCarousel*, script di terze parti, *Google Fonts* non ottimizzati) rallentavano il sito con richieste HTTP aggiuntive, mentre i conflitti tra plugin peggioravano le prestazioni.

Dal punto di vista dell'accessibilità e *Search Engine Optimization (SEO)*_G, sono emerse problematiche nella struttura HTML non semantica, contrasti cromatici non conformi agli standard WCAG e form non accessibili. Le performance mobile erano compromesse da elementi che causavano scroll orizzontale indesiderato e CSS non ottimizzato, rendendo necessario un intervento di ottimizzazione strutturale del sito.

1.2.2 Sito e-commerce PrestaShop

Il secondo oggetto di studio del progetto di tirocinio è rappresentato dalla piattaforma e-commerce *movishop.it*, sviluppata utilizzando *PrestaShop* come sistema di gestione dei contenuti. Questo sito viene utilizzato da *VisioneImpresa* come vetrina dimostrativa e ambiente di testing per mostrare alle aziende clienti le potenzialità dell'**e-commerce integrato** con il gestionale *VisionENTERPRISE*, offrendo un caso di studio concreto per l'implementazione di tecniche di **ottimizzazione ambientale** su e-commerce.

1.2.2.1 Caratteristiche della piattaforma

Movishop.it rappresenta una vetrina digitale completa per la vendita online di prodotti industriali e utensileria specializzata. La piattaforma è strutturata secondo una **gerarchia di categorie** che comprende diverse macroaree, con

particolare focus su utensileria elettrica, attrezzature industriali e prodotti per officine.

L'**architettura informativa** del sito si sviluppa attraverso una **navigazione gerarchica** che guida l'utente dalla homepage generale fino ai singoli prodotti, passando attraverso:

- **Area istituzionale:** Homepage, chi siamo, contatti e informazioni legali
- **Catalogo prodotti:** Organizzato in categorie e sottocategorie per facilitare la navigazione
- **Sistema di ricerca:** Funzionalità avanzate per la ricerca e filtro dei prodotti
- **Area marchi:** Sezioni dedicate ai brand partner
- **Funzionalità commerciali:** Carrello, checkout, gestione ordini e area clienti

La struttura delle categorie presenta una **complessità significativa**, con percorsi di navigazione che possono arrivare fino a quattro livelli di profondità, come ad esempio nel percorso "*Utensileria elettrica > Idropulitrici e aspiratori > Idropulitrice > Acqua fredda*".

1.2.2.2 Caratteristiche tecniche

La piattaforma è implementata utilizzando *PrestaShop* con un **tema figlio** PRS026_child, derivato dal tema base PRS026. L'utilizzo di un **tema figlio** garantisce la persistenza delle personalizzazioni durante gli aggiornamenti della piattaforma base, permettendo di mantenere le modifiche e ottimizzazioni implementate senza rischi di sovrascrittura.

L'**architettura tecnica** presenta le caratteristiche standard di una piattaforma e-commerce moderna, con funzionalità per la gestione di cataloghi prodotto, sistemi di pagamento e strumenti di amministrazione. La piattaforma gestisce diverse categorie di merci, richiedendo particolare attenzione all'ottimizzazione delle performance per garantire un'**esperienza utente** efficace.

1.2.2.3 Criticità identificate

L'analisi preliminare della piattaforma ha evidenziato diverse aree di miglioramento tipiche degli e-commerce basati su *PrestaShop*. Le principali criticità identificate riguardano:

Gestione delle immagini prodotto: La piattaforma gestisce un numero elevato di immagini ad alta risoluzione per la presentazione dei prodotti, utilizzando prevalentemente formati tradizionali (*JPEG*, *PNG*) non ottimizzati per il web. Questa situazione comporta **tempi di caricamento prolungati**, particolarmente evidenti su dispositivi mobili e connessioni lente.

Performance di caricamento: I test preliminari hanno evidenziato un divario tra le performance desktop (media 95 punti su *PageSpeed Insights*) e mobile (media 57 punti). Le pagine con maggiori contenuti visuali, come quelle di categoria e prodotto, presentano margini di miglioramento nell'ottimizzazione delle risorse.

Cache e gestione delle risorse: L'analisi ha rivelato opportunità di miglioramento nell'implementazione di sistemi di **cache avanzati** e nell'ottimizzazione del caricamento delle risorse statiche, elementi che possono contribuire significativamente al miglioramento delle **performance generali** della piattaforma.

1.3 Convenzioni tipografiche

Nel presente documento sono state adottate le seguenti convenzioni tipografiche per garantire uniformità e chiarezza espositiva:

- **Corsivo:** utilizzato per denominazioni aziendali, nomi di prodotti software e acronimi alla prima occorrenza con spiegazione completa
- **Grassetto:** riservato ai concetti chiave e ai termini tecnici di particolare rilevanza nel contesto della sostenibilità digitale e dell'ottimizzazione web
- **Carattere monospaziato:** utilizzato per elementi di codice, nomi di file, URL, comandi e parametri tecnici

- **Termini del glossario:** evidenziati con una G a pedice in corsivo e colore blu alla prima occorrenza nel testo, rimandando alle definizioni complete riportate nel glossario
- **Elenchi puntati:** le parole chiave di ogni punto sono evidenziate in grassetto per migliorare la leggibilità e l'identificazione immediata dei concetti principali
- **Acronimi:** riportati per esteso alla prima occorrenza seguiti dall'acronimo tra parentesi, successivamente utilizzati in forma abbreviata

Capitolo 2

Metodologia e analisi baseline

2.1 Stato dell'arte e approccio metodologico

La crescente consapevolezza dell'impatto ambientale delle tecnologie digitali ha portato allo sviluppo di metodologie specifiche per la **sostenibilità web**. Secondo studi recenti, il settore *tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT)_G* ha rappresentato circa l'1,4% delle emissioni globali di gas serra nel 2020, con proiezioni che indicano un possibile aumento fino al 14% entro il 2040. Questa crescita esponenziale rende urgente l'adozione di pratiche di **sostenibilità digitale**, dove l'ottimizzazione delle performance web non rappresenta solo un miglioramento dell'esperienza utente, ma diventa un elemento strategico per la riduzione dell'impatto ambientale.

Il presente progetto di tirocinio adotta un approccio metodologico che integra tecniche consolidate di **ottimizzazione web** con principi di sostenibilità digitale, applicandoli a due tipologie di piattaforme rappresentative dell'ecosistema aziendale: un CMS *WordPress* per il sito istituzionale e una piattaforma e-commerce *PrestaShop*.

2.1.1 Framework teorico delle ottimizzazioni web sostenibili

L'ottimizzazione web sostenibile si basa su un insieme di pratiche tecniche volte a ridurre il consumo energetico associato alla fruizione dei contenuti di-

gitali. Queste tecniche agiscono su diversi livelli dell'architettura web, dalla gestione delle risorse multimediali fino alla razionalizzazione del codice e delle dipendenze esterne.

Le **immagini rappresentano tipicamente oltre il 60% del peso** delle pagine web moderne, costituendo il principale target per gli interventi di ottimizzazione. L'adozione di formati di nuova generazione come **WebP** rappresenta una delle strategie più efficaci per la riduzione dell'impatto ambientale. Questo formato, sviluppato da Google, offre una **compressione superiore del 25–35%** rispetto ai tradizionali **JPEG** e **PNG**, mantenendo una qualità visiva equivalente e supportando nativamente trasparenza e animazione.

Complementare all'ottimizzazione dei formati è l'implementazione del *lazy loading*, una tecnica che prevede il caricamento delle immagini solo quando diventano effettivamente visibili nella viewport dell'utente. Questa strategia risulta particolarmente efficace su pagine con molti contenuti visuali, come cataloghi prodotto o gallerie fotografiche, dove permette di ridurre drasticamente il carico iniziale e il consumo di banda.

Sul fronte del codice, la **minificazione di HTML, CSS e JavaScript** costituisce un intervento fondamentale per eliminare caratteri non necessari come spazi, commenti e caratteri di nuova riga, riducendo conseguentemente le dimensioni dei file.

Altrettanto critica è la **gestione delle dipendenze esterne**, poiché ogni **richiesta HTTP** verso servizi terzi genera traffico aggiuntivo e introduce potenziali punti di fallimento nel caricamento della pagina. L'approccio ottimale prevede la minimizzazione di queste dipendenze, privilegiando soluzioni *self-hosted* quando tecnicamente possibile.

L'**eliminazione sistematica delle risorse, file e plugin non necessari** completa il quadro degli interventi tecnici, permettendo di caricare esclusivamente le funzionalità effettivamente necessarie per ciascuna pagina. Questo approccio granulare alla gestione delle risorse si rivela particolarmente vantaggioso in contesti CMS come WordPress, dove i plugin e i temi tendono a caricare indiscriminatamente risorse su tutte le pagine.

Infine, i principi di design sostenibile promuovono un approccio minimalista

che contribuisce alla riduzione dell'impatto ambientale **diminuendo il numero di elementi da visualizzare a schermo**. La tipografia web ottimizzata, che privilegia l'utilizzo di **font di sistema** rispetto a quelli esterni e riduce il numero di varianti tipografiche, rappresenta un esempio concreto di come le scelte di design possano influire direttamente sulla sostenibilità del sito web.

2.1.2 Metodologia di implementazione e testing

L'**implementazione delle ottimizzazioni è stata gestita in modo graduale**, con piccoli passi e verifiche successive prima della pubblicazione definitiva. Ogni intervento è stato classificato in base alla priorità, tenendo conto dei potenziali benefici e rischi, e si è iniziato con le azioni più semplici e a maggior impatto sulla sostenibilità ambientale.

Per ogni intervento è stata mantenuta una breve **documentazione**, utile sia per garantire la riproducibilità del processo sia per consentire un rapido rollback in caso di problematiche. Tutte le ottimizzazioni sono state valutate tramite **test comparativi** pre e post implementazione, utilizzando parametri tecnici riconosciuti e indicatori quantitativi di riferimento.

Questo modo di procedere è particolarmente valido in ambito aziendale, dove è essenziale **garantire la continuità** dei servizi e la stabilità delle piattaforme web. Il metodo graduale di implementazione riduce i rischi e rende facile riutilizzare l'esperienza acquisita anche in progetti futuri.

2.1.3 Strumenti di analisi utilizzati

La fase di analisi delle performance e dell'impatto ambientale richiede l'utilizzo di strumenti specializzati che forniscano metriche affidabili e comparabili nel tempo. La selezione degli strumenti è stata orientata verso soluzioni complementari che garantissero una visione completa delle performance, privilegiando tool comunemente adottati nell'industria e caratterizzati da facilità di utilizzo e affidabilità dei risultati.

Google PageSpeed Insights rappresenta lo strumento principale per la valutazione delle performance web, poiché analizza i **Core Web Vitals (CWV)**,

ovvero metriche standardizzate che misurano l'esperienza reale dell'utente rispetto a velocità di caricamento, interattività e stabilità visiva delle pagine. La scelta di questo tool è motivata dalla sua adozione come standard *de facto* nel settore dello sviluppo web e dal fatto che fornisce suggerimenti pratici e specifici per l'ottimizzazione, facilitando l'identificazione delle priorità di intervento.

Yellow Lab Tools fornisce analisi dettagliate complementari, risultando particolarmente utile per identificare problematiche specifiche come il numero eccessivo di richieste HTTP, la presenza di codice non utilizzato e l'inefficienza nella gestione delle risorse. Questo strumento si distingue per la capacità di fornire una visione granulare del comportamento delle pagine durante il caricamento, evidenziando colli di bottiglia che potrebbero non essere immediatamente visibili attraverso altri tool di analisi.

Per la quantificazione dell'impatto ambientale sono stati impiegati **Website Carbon Calculator** ed **Ecograder**, due strumenti specializzati che forniscono stime delle emissioni di CO₂ per singola visita. Questi tool utilizzano modelli di calcolo che considerano il consumo energetico dei data center, la trasmissione dei dati attraverso le reti di telecomunicazione e l'energia utilizzata dai dispositivi degli utenti finali. L'utilizzo combinato di entrambi gli strumenti permette di ottenere una stima più accurata e di verificare la coerenza dei risultati ottenuti.

2.1.4 Metriche di riferimento

La valutazione delle performance web è stata fatta considerando un insieme di metriche standard, in modo da analizzare sia l'esperienza dell'utente sia l'impatto ambientale. In particolare, sono stati presi come riferimento i Core Web Vitals di Google, a cui sono state aggiunte altre metriche utili per ottenere un quadro più completo delle prestazioni.

I **CWV** rappresentano il nucleo centrale delle metriche di performance moderne:

- Il **Largest Contentful Paint (LCP)** misura il tempo necessario per il rendering dell'elemento di contenuto più grande visibile nell'area "above the fold" di una pagina web, fornendo un'indicazione precisa della velocità

percepita di caricamento. Valori ottimali di LCP dovrebbero rimanere entro i 2,5 secondi per garantire un'esperienza utente soddisfacente.

- Il **First Input Delay (FID)** quantifica il tempo che intercorre tra la prima interazione dell'utente con una pagina (click, tap, pressione di un tasto) e l'inizio della risposta effettiva del browser a tale interazione. Questa metrica risulta fondamentale per misurare la reattività dell'interfaccia e dovrebbe mantenersi sotto i 100 millisecondi per essere considerata ottimale.
- Il **Cumulative Layout Shift (CLS)** quantifica la stabilità visiva di una pagina misurando la somma di tutti i punteggi di spostamento del layout per ogni spostamento imprevisto che si verifica durante l'intera vita della pagina. Un valore CLS inferiore a 0,1 indica una buona stabilità visiva, elemento cruciale per l'esperienza utente e particolarmente importante su dispositivi mobili.

Alle metriche core si aggiungono indicatori complementari che forniscono una visione più dettagliata delle performance:

- Il **First Contentful Paint (FCP)** misura il tempo necessario dal momento in cui la pagina inizia a caricarsi fino a quando qualsiasi parte del contenuto della pagina viene renderizzata sullo schermo, offrendo un'indicazione della velocità di risposta iniziale del sito.
- Lo **Speed Index** quantifica la velocità percepita di caricamento del contenuto visibile, fornendo un valore numerico che rappresenta quanto rapidamente il contenuto viene popolato visivamente durante il caricamento della pagina.
- Il **Total Blocking Time (TBT)** misura la quantità totale di tempo in cui una pagina risulta bloccata e non può rispondere all'input dell'utente, rappresentando un indicatore critico dell'interattività della pagina.

Dal punto di vista della sostenibilità ambientale, vengono monitorate metriche specifiche come:

- Il **Page Weight** totale suddiviso per tipologia di asset.
- Il **numero di richieste HTTP** effettuate per pagina.
- Le **emissioni di CO₂** calcolate in grammi per singola visita.

Questi indicatori permettono di quantificare direttamente l'impatto ambientale delle ottimizzazioni implementate.

2.2 Metodologia e ambienti di testing

L'implementazione delle ottimizzazioni ha richiesto la predisposizione di ambienti di testing dedicati per garantire la continuità operativa delle piattaforme durante le fasi di sviluppo e validazione degli interventi.

2.2.1 Ambiente di staging WordPress

Per garantire la continuità operativa del sito principale durante le fasi di ottimizzazione, è stato predisposto un ambiente di staging dedicato. Il dominio `stage.vsh.it` ospita una copia identica del sito di produzione, permettendo l'implementazione e il testing delle ottimizzazioni senza impatti sulla versione live.

L'ambiente di staging è configurato con gli stessi parametri del sito di produzione, includendo la medesima versione di *WordPress*, plugin attivi e configurazioni del server. Questo approccio garantisce l'affidabilità dei test e riduce il rischio di incompatibilità durante il deployment delle ottimizzazioni. Le modifiche vengono testate sistematicamente su diversi dispositivi e browser prima dell'implementazione finale, utilizzando strumenti di analisi delle performance per monitorare i miglioramenti ottenuti.

2.2.2 Ambiente di testing PrestaShop

Per la piattaforma e-commerce non è stato necessario predisporre un ambiente di staging dedicato, poiché `Movishop.it` rappresenta già di per sé un

sito pilota che l'azienda utilizza per sperimentare e validare soluzioni tecniche prima di implementarle sui siti e-commerce *PrestaShop* dei clienti in produzione.

Questa configurazione offre un **duplice vantaggio**: da un lato permette di testare le ottimizzazioni in un ambiente reale senza rischi per i siti clienti, dall'altro consente di trasferire direttamente le soluzioni validate ai progetti commerciali. L'approccio metodologico adottato ha sfruttato l'utilizzo del **tema figlio** (PRS026_child) per garantire la persistenza delle modifiche durante gli aggiornamenti della piattaforma base.

Le ottimizzazioni implementate su *Movishop.it* fungono quindi da **proof of concept** per l'intera offerta e-commerce aziendale, permettendo di documentare procedure e best practice direttamente applicabili ai progetti clienti.

2.3 Analisi baseline e identificazione delle priorità

L'analisi delle performance iniziali ha rappresentato una fase cruciale per stabilire una **baseline quantitativa** affidabile e identificare le aree di intervento che garantissero il maggior impatto in termini di miglioramento delle performance e riduzione dell'impatto ambientale. L'approccio metodologico adottato ha previsto una valutazione sistematica di entrambe le piattaforme attraverso test standardizzati e riproducibili.

La metodologia di analisi è stata strutturata per ottenere una visione completa delle performance attuali, implementando test comparativi su **diverse tipologie di pagine** per identificare criticità specifiche e pattern ricorrenti. L'**analisi multidevice** ha permesso di evidenziare disparità significative tra le performance su dispositivi mobile e desktop, elemento particolarmente importante considerando la crescente predominanza del traffico mobile.

Gli **ambienti di staging** dedicati (*stage.vsh.it* per la piattaforma WordPress e *movishop.it* come ambiente di test per *PrestaShop*) hanno garantito la possibilità di condurre test approfonditi senza impatti sui siti di produzione,

permettendo inoltre di validare le ottimizzazioni in condizioni controllate prima del deployment definitivo.

2.3.1 Performance baseline della piattaforma WordPress

L'analisi del sito istituzionale `vsh.it` ha rivelato significative problematiche di performance, particolarmente evidenti nel confronto tra dispositivi mobile e desktop. I risultati ottenuti attraverso l'**analisi dei Core Web Vitals** mostrano un divario prestazionale considerevole che richiede interventi mirati.

Tabella 2.1: Confronto dei Core Web Vitals tra Mobile e Desktop - `vsh.it`

Device	FCP (s)	LCP (s)	TBT (ms)	CLS	SI (s)	N. Pagine
Mobile	11,76	16,01	137	0,017	11,76	43
Desktop	1,07	1,56	197	0,025	1,36	43
Gap	-10,69s	-14,45s	+60ms	+0,008	-10,40s	-

I dati nella Tabella 2.1 evidenziano una situazione critica per quanto riguarda le performance mobile, con tempi di **First Contentful Paint** che raggiungono gli 11,76 secondi contro 1,07 secondi su desktop. Di rilievo risulta il valore di **Largest Contentful Paint** mobile di 16,01 secondi, che supera di oltre sei volte la soglia ottimale di 2,5 secondi stabilita da Google. Il gap prestazionale di 14,45 secondi tra mobile e desktop per questa metrica indica problematiche strutturali nel caricamento delle risorse su dispositivi con connettività limitata.

Interessante notare come il **Total Blocking Time** risulti paradossalmente inferiore su mobile (137ms) rispetto a desktop (197ms), suggerendo che le problematiche principali non risiedano nell'esecuzione del JavaScript ma piuttosto nel caricamento iniziale delle risorse, probabilmente immagini non ottimizzate e dipendenze esterne pesanti.

Tabella 2.2: Performance PageSpeed Insights per tipologia di pagina - vsh.it

Tipologia pagina	Perfor. Mobile	Perfor. Desktop	Access. Mobile	Access. Desktop	SEO M	N. Pagine
Pagine aziendali	54	92	84	88	79	5
Software	52	79	87	90	85	24
Servizi	56	90	87	90	85	3
Contenuti	46	79	85	87	82	4
Area riservata	56	94	87	90	85	1
Pagine legali	54	89	83	86	71	6
Media totale	53	83	86	89	83	43

L'analisi per tipologia di pagina, visibile nella Tabella 2.2, rivela che tutte le categorie presentano punteggi di **performance** mobile critici, con valori compresi tra 46 e 56 punti su una scala di 100. Le pagine di contenuti mostrano le performance peggiori (46 punti mobile), seguite dalle pagine software (52 punti), evidenziando come la presenza di contenuti multimediali non ottimizzati impatti negativamente sulle performance complessive.

Il gap prestazionale medio tra mobile e desktop di 30 punti (53 vs 83) conferma la necessità di interventi specifici per l'ottimizzazione mobile. Tuttavia, i punteggi di **accessibilità** risultano complessivamente buoni (86-89 punti), suggerendo che la struttura di base del sito è solida e che le ottimizzazioni dovranno concentrarsi principalmente sugli aspetti tecnici di performance.

Tabella 2.3: Sostenibilità ambientale per tipologia di pagina - vsh.it

Tipologia pagina	CO ₂ (g)	Peso (MB)	Richieste Mobile	Richieste Desktop	N. Pagine
Istituzionali	2,89	7,42	64	69	5
Software Vision	1,32	3,39	53	66	12
Software movi	1,41	3,62	58	67	12
Servizi	1,11	2,86	54	59	3
Contenuti	1,59	4,08	69	77	4
Area riservata	0,16	0,41	32	32	1
Media totale	1,45	3,72	58	66	43

I dati di sostenibilità ambientale nella Tabella 2.3 rivelano un **impatto si-**

gnificativo delle pagine istituzionali, che generano 2,89 grammi di CO₂ per visita con un peso medio di 7,42 MB. Questo valore risulta circa il doppio rispetto alla media complessiva del sito (1,45g CO₂), indicando la presenza di contenuti particolarmente pesanti su queste pagine.

Il **numero medio di richieste HTTP** (58-66 tra mobile e desktop) risulta moderato ma presenta margini di ottimizzazione, particolarmente considerando che molte di queste richieste potrebbero essere dirette verso servizi esterni non strettamente necessari per la funzionalità core del sito.

2.3.2 Performance baseline della piattaforma e-commerce

L'analisi della piattaforma e-commerce `movishop.it` ha evidenziato una situazione complessivamente migliore rispetto al sito *WordPress*, ma con problematiche specifiche legate alla natura dinamica dell'e-commerce e alla gestione delle immagini prodotto.

Tabella 2.4: Confronto dei Core Web Vitals tra Mobile e Desktop - `movishop.it`

Device	FCP (s)	LCP (s)	TBT (ms)	CLS	SI (s)	N. Pagine
Mobile	2,99	4,67	7	0,655	4,71	15
Desktop	0,75	0,87	5	0,043	1,76	15
Gap	-2,24s	-3,80s	-2ms	-0,612	-2,95s	-

I risultati nella Tabella 2.4 mostrano performance significativamente migliori rispetto al sito *WordPress*, con valori di **First Contentful Paint** di 2,99 secondi su mobile, circa quattro volte inferiori rispetto a `vsh.it`. Tuttavia, il **Largest Contentful Paint** mobile di 4,67 secondi supera ancora la soglia ottimale, indicando la necessità di ottimizzazioni specifiche per le immagini di prodotto.

Particolarmente critico risulta il valore di **Cumulative Layout Shift** su mobile (0,655), che supera di oltre sei volte la soglia ottimale di 0,1. Questo dato suggerisce problematiche significative nella stabilità del layout durante il caricamento, probabilmente dovute al caricamento asincrono di immagini senza dimensioni predefinite.

Il **Total Blocking Time** estremamente basso (5-7ms) indica un'ottima gestione del JavaScript, suggerendo che *PrestaShop* gestisce efficacemente l'esecuzione del codice senza bloccare l'interfaccia utente.

Tabella 2.5: Performance PageSpeed Insights per tipologia di pagina - movishop.it

Tipologia pagina	Perfor. Mobile	Perfor. Desktop	Access. Mobile	Access. Desktop	SEO M	N. Pagine
Istituzionali	60	95	88	79	57	6
E-commerce	53	93	86	76	50	8
Login/Account	53	98	89	77	50	1
Media totale	57	95	87	77	54	15

L'analisi per tipologia, visibile nella Tabella 2.5, rivela **performance** desktop eccellenti (93-98 punti), mentre le pagine mobile mostrano valori accettabili ma migliorabili (53-60 punti). Le pagine e-commerce specifiche presentano le criticità maggiori (53 punti mobile), probabilmente a causa della presenza di molteplici immagini prodotte e funzionalità interattive complesse.

Si osserva un **punteggio SEO** complessivamente basso (54 punti), che potrebbe limitare la visibilità del sito sui motori di ricerca e di conseguenza l'efficacia commerciale della piattaforma. Tuttavia, questo dato è spiegato dal fatto che, trattandosi di un ambiente di test e non di produzione, è stato **intenzionalmente configurato** per essere poco visibile ai motori di ricerca tramite il file `robots.txt` e l'impostazione dei relativi meta tag. Questo approccio ha lo scopo di evitare l'indicizzazione delle pagine di prova durante le fasi di sviluppo e valutazione.

Tabella 2.6: Sostenibilità ambientale per tipologia di pagina - movishop.it

Tipologia pagina	CO ₂ (g)	Peso (MB)	Richieste Mobile	Richieste Desktop	N. Pagine
Istituzionali	0,30	0,76	57	62	6
E-commerce	0,36	0,94	83	91	8
Login/Account	0,28	0,72	62	66	1
Media totale	0,34	0,88	73	80	15

I dati di sostenibilità nella Tabella 2.6 mostrano un **impatto ambientale** significativamente inferiore rispetto al sito *WordPress*, con una media di 0,34 grammi di CO₂ per visita contro 1,45 grammi di *vsh.it*. Questo risultato positivo è dovuto principalmente al peso contenuto delle pagine (0,88 MB in media) e suggerisce che la piattaforma *PrestaShop* parte da una base più efficiente.

Le pagine e-commerce mostrano il maggior numero di **richieste HTTP** (83-91), elemento comprensibile considerando la necessità di caricare molteplici immagini prodotto, ma che presenta margini di ottimizzazione attraverso tecniche di lazy loading e ottimizzazione delle immagini.

2.3.3 Criticità identificate

L'analisi comparativa ha permesso di identificare **pattern di criticità specifici per ciascuna piattaforma**, consentendo di definire una **strategia di ottimizzazione mirata**.

Per la piattaforma *WordPress vsh.it*, emerge chiaramente un problema strutturale di performance mobile, con gap prestazionali che raggiungono i 14 secondi nel Largest Contentful Paint. Questa criticità è principalmente attribuibile alla presenza di **immagini non ottimizzate**, unite a un numero eccessivo di **dipendenze esterne** verso servizi terzi come Vimeo per i video, Google Fonts per la tipografia e widget social per l'integrazione con i social network.

La **gestione inefficiente delle risorse CSS e JavaScript** rappresenta un'ulteriore area di criticità, con plugin *WordPress* che caricano indiscriminatamente le proprie risorse su tutte le pagine indipendentemente dalla necessità effettiva. Questo comportamento genera un **sovraccarico sistematico** che impatta negativamente su tutte le metriche di performance.

Per quanto riguarda la piattaforma *PrestaShop movishop.it*, le criticità principali si concentrano su aspetti più specifici ma ugualmente impattanti. Il **sistema di cache nativo** della piattaforma risulta **completamente disattivato**, comportando tempi di risposta server elevati e un carico computazionale non necessario per ogni richiesta. Questa problematica, pur essendo relativa-

mente semplice da risolvere, genera un **impatto negativo trasversale** su tutte le metriche di performance.

Le **immagini prodotto** rappresentano un'ulteriore area critica, essendo caricate in formati tradizionali JPEG e PNG senza alcuna ottimizzazione di compressione. L'assenza di tecniche di **lazy loading** comporta inoltre il caricamento simultaneo di tutte le immagini presenti nella pagina, incluse quelle non immediatamente visibili, causando così un inutile consumo di banda e un aumento dei tempi di caricamento.

2.4 Priorità degli interventi

La definizione di una **strategia di ottimizzazione efficace** richiede un approccio strutturato che bilanci l'**impatto potenziale degli interventi** con la loro **complessità implementativa** e i **rischi operativi** associati. L'analisi delle criticità identificate ha permesso di definire **tre livelli di priorità** che guidano l'implementazione sequenziale delle ottimizzazioni.

La prioritizzazione tiene conto di diversi fattori critici: l'**impatto ambientale potenziale**, misurato attraverso la riduzione attesa delle emissioni di CO₂, il **miglioramento delle performance** quantificabile attraverso i Core Web Vitals, la **complessità tecnica** dell'implementazione e il **livello di rischio** per la stabilità delle piattaforme esistenti. Questo approccio garantisce che le risorse di sviluppo vengano allocate in modo ottimale, massimizzando i benefici ottenibili nel breve termine mentre si costruiscono le basi per miglioramenti più complessi.

2.4.1 Ottimizzazioni di priorità 1: Interventi ad alto impatto

Gli interventi di prima priorità sono caratterizzati da un **rapporto ottimale tra benefici ottenibili e rischi implementativi**, concentrandosi su ottimizzazioni che offrono **risultati immediati e misurabili** senza richiedere modifiche strutturali significative alle piattaforme esistenti.

Per la piattaforma *WordPress vsh.it*, l'intervento prioritario consiste nell'implementazione di un **sistema completo di ottimizzazione delle immagini**. La **conversione automatica delle 2.229 immagini esistenti** dal formato JPEG/PNG al più efficiente **WebP** rappresenta l'intervento con il **maggior potenziale di riduzione dell'impatto ambientale**.

Complementare alla conversione di formato è l'implementazione di un **sistema di compressione lossy**, che consenta di ridurre ulteriormente la dimensione delle risorse multimediali mantenendo una perdita di qualità al di sotto della soglia di percezione degli utenti.

La **sostituzione degli embed Vimeo con video locali ottimizzati** rappresenta un ulteriore intervento ad alto impatto, eliminando le dipendenze esterne che contribuiscono significativamente ai tempi di caricamento delle pagine. Questa ottimizzazione riduce non solo il peso delle pagine ma anche il **numero di richieste HTTP** verso servizi terzi, migliorando l'affidabilità complessiva del sito e riducendo i punti di potenziale fallimento durante il caricamento.

Per la piattaforma *e-commerce movishop.it*, la priorità assoluta è rappresentata dallo sviluppo e implementazione di una **suite completa per la gestione del formato WebP**. Questa soluzione, realizzata attraverso **script PHP personalizzati**, include la conversione batch di tutte le immagini prodotte esistenti e un **sistema intelligente di fallback** che garantisce la compatibilità con browser che non supportano il formato WebP.

L'**automazione del processo** attraverso la configurazione di **job cron settimanali** assicura che l'ottimizzazione diventi parte integrante del workflow di gestione del catalogo, senza richiedere interventi manuali da parte degli operatori. Le **regole .htaccess** implementate gestiscono il servizio automatico delle immagini WebP quando supportate dal browser, mantenendo il fallback trasparente per i client non compatibili.

2.4.2 Ottimizzazioni di priorità 2: Interventi a medio impatto

Il secondo livello di priorità include interventi che richiedono **maggiore attenzione tecnica** e potrebbero comportare **modifiche più significative** alle configurazioni esistenti, ma che offrono **benefici sostanziali** in termini di performance e sostenibilità ambientale.

Per il sito *WordPress*, l'implementazione del plugin **Asset CleanUp** rappresenta un intervento strategico per la **gestione granulare delle risorse CSS e JavaScript**. Questo strumento permette di disattivare selettivamente le risorse non necessarie su pagine specifiche, eliminando il problema comune nei siti *WordPress* dove plugin e temi caricano indiscriminatamente le proprie risorse su tutte le pagine. L'ottimizzazione richiede un'**analisi dettagliata di ogni pagina** per identificare le dipendenze effettivamente necessarie, ma può generare **riduzioni significative del peso** delle pagine e dei tempi di caricamento.

La **riduzione delle dipendenze esterne** costituisce un intervento più complesso che prevede la sostituzione di servizi terzi con alternative più efficienti o, quando possibile, con **soluzioni self-hosted**. Tra gli esempi concreti di riduzione delle dipendenze esterne rientrano la migrazione da Google Fonts a **font di sistema ottimizzati** e la sostituzione di widget social pesanti con **alternative più efficienti**.

La **configurazione avanzata di W3 Total Cache** per la **minificazione** di HTML, CSS e JavaScript rappresenta un intervento tecnico che può generare benefici significativi ma richiede testing approfondito per evitare conflitti con plugin esistenti o problematiche di compatibilità.

Lo sviluppo di **elementi JavaScript personalizzati** per sostituire componenti pesanti di WPBakery Page Builder costituisce l'intervento più complesso di questa categoria: può eliminare dipendenze significative che impattano negativamente sulle performance, sostituendole con **soluzioni ottimizzate** specificamente per le esigenze del sito.

Per la piattaforma *PrestaShop*, l'**attivazione e configurazione ottimale del sistema di cache nativo** rappresenta un intervento relativamente semplice

ma dall'**impatto immediato sui tempi di risposta** del server.

L'implementazione del **lazy loading** richiede modifiche ai template del tema figlio per integrare il caricamento differito delle immagini. Questo intervento è particolarmente efficace sulle **pagine di categoria prodotto**, dove la presenza di molteplici immagini può generare tempi di caricamento elevati.

2.4.3 Miglioramenti di priorità 3: Interventi di accessibilità e UX

Il terzo livello di priorità si concentra su miglioramenti che, pur non avendo un **impatto diretto immediato** sulle performance, contribuiscono al **miglioramento complessivo dell'esperienza utente** e alla **conformità agli standard** di accessibilità e usabilità web. Questi interventi rappresentano un **investimento a lungo termine** nella qualità della piattaforma.

Per il sito *WordPress*, la **revisione completa della struttura semantica HTML** costituisce un intervento fondamentale per migliorare l'accessibilità e l'indicizzazione sui motori di ricerca. Questo include la **correzione della gerarchia dei heading**, che attualmente presenta salti di livello che compromettono la navigazione per utenti che utilizzano screen reader, e l'implementazione di **markup semantico appropriato** per diversi tipi di contenuto.

L'aggiornamento della **palette colori per garantire conformità alle linee guida WCAG 2.1 livello AA** richiede un'analisi di tutti i contrasti di colore utilizzati nel sito e la loro eventuale correzione per raggiungere i **rapporti minimi richiesti** (4.5:1 per il testo normale, 3:1 per il testo grande). Questo intervento migliora significativamente l'accessibilità per utenti con disabilità visive e contribuisce al **miglioramento complessivo dell'usabilità**.

L'implementazione del **supporto per la navigazione da tastiera** rappresenta un altro pilastro fondamentale di questo livello di intervento. Ciò include l'attivazione del **focus visibile** per tutti gli elementi interattivi, garantendo un'esperienza accessibile per utenti con disabilità motorie che non possono utilizzare dispositivi di puntamento tradizionali. Per quanto riguarda i **form e gli elementi di input**, è necessario implementare le corrette associazioni tra

etichette e campi attraverso l'uso appropriato degli attributi `for` e `id`. Questi miglioramenti contribuiscono al miglioramento dell'usabilità complessiva per tutti gli utenti della piattaforma.

La **strategia complessiva** permette di procedere gradualmente attraverso **livelli crescenti di complessità**, consolidando i benefici di ogni fase prima di passare alla successiva. Questo **approccio metodico** riduce i rischi operativi massimizzando al contempo l'efficacia complessiva del progetto di ottimizzazione, creando una **base solida per la sostenibilità a lungo termine** delle piattaforme web aziendali.

Capitolo 3

Ottimizzazioni implementate

Le ottimizzazioni implementate sulle piattaforme WordPress e PrestaShop rappresentano il cuore operativo di questo progetto di tirocinio, tradurre i principi teorici della sostenibilità web in interventi concreti e misurabili. Questo capitolo documenta in dettaglio le soluzioni tecniche adottate, organizzate per aree di intervento e tipologia di piattaforma, con particolare attenzione alla metodologia di implementazione graduale e ai risultati ottenuti in termini di miglioramento delle performance e riduzione dell'impatto ambientale.

3.1 Ottimizzazioni sito WordPress

Gli interventi sono stati classificati in tre categorie principali: ottimizzazione delle immagini e dei contenuti multimediali, ottimizzazioni avanzate di performance e miglioramenti di accessibilità e SEO.

3.1.1 Ottimizzazione delle immagini e contenuti multimediali

Le immagini rappresentano tipicamente **oltre il 60% del peso** delle pagine web moderne, costituendo pertanto il principale target per gli interventi di riduzione dell'impatto ambientale. L'approccio adottato ha combinato diverse strategie complementari per massimizzare l'efficacia delle ottimizzazioni implementate.

3.1.1.1 Implementazione del lazy loading nativo

WordPress 5.5 ha introdotto il supporto nativo per il **lazy loading** attraverso l'attributo HTML `loading="lazy"`, successivamente esteso anche agli iframe con la versione 5.7. Nel valutare le strategie di ottimizzazione, si è tenuto conto dell'esistenza di questa funzionalità nativa per evitare di abilitare soluzioni di lazy loading ridondanti tramite plugin, che potevano invece introdurre sovrapposizioni o peggiorare le performance.

Il lazy loading nativo offre il vantaggio di **eliminare dipendenze JavaScript aggiuntive** e possibili conflitti, assicurando una migliore compatibilità su più browser e una minore complessità rispetto a soluzioni basate su plugin esterni.

3.1.1.2 Sistema di compressione e conversione delle immagini

L'ottimizzazione delle immagini esistenti è stata implementata attraverso una **strategia dual-plugin** che combina la compressione dei formati tradizionali con la conversione ai formati di nuova generazione. Questa configurazione garantisce la massima compatibilità mantenendo al contempo l'efficienza ottimale per i browser che supportano i formati moderni.

Il plugin *Smush* è stato configurato per gestire l'ottimizzazione delle immagini tradizionali JPEG e PNG, fungendo da fallback per browser che non supportano formati più moderni. La configurazione adottata prevede l'utilizzo di una compressione lossy per ottenere il miglior compromesso tra qualità visiva e riduzione delle dimensioni, con attivazione della compressione automatica per i nuovi upload e rimozione sistematica dei metadati EXIF.

L'ottimizzazione bulk delle **2.229 immagini esistenti** ha generato un **risparmio totale di 101,5 MB**, corrispondente a una **riduzione percentuale del 58,8%**. Questa ottimizzazione ha comportato benefici immediati sui tempi di caricamento e una riduzione proporzionale delle emissioni di CO₂ associate al trasferimento dati.

Parallelamente, il plugin *Converter for Media* è stato implementato per la conversione automatica delle immagini nel formato *WebP*. La configurazione pre-

vede l'utilizzo di *Imagick* come motore di conversione, selezionato per i suoi algoritmi di compressione più avanzati e le performance superiori nelle operazioni batch rispetto alla libreria *GD* alternativa.

I test condotti sulla pagina "I nostri software" hanno documentato **miglioramenti significativi** nelle metriche di sostenibilità: le emissioni di CO₂ sono state **ridotte del 35,9%** (da 1,31g a 0,84g), mentre il peso della pagina è **diminuito del 35,5%** (da 3,35 MB a 2,16 MB). Le performance desktop hanno registrato un **incremento di 2 punti** nel tool *PageSpeed Insights*.

3.1.1.3 Ridimensionamento ottimale delle immagini

La gestione delle dimensioni predefinite generate da *WordPress* durante il caricamento delle immagini è stata ottimizzata per ridurre la generazione automatica di versioni sovradimensionate. Le nuove impostazioni stabiliscono **dimensioni medie di 600×450 pixel** e **dimensioni grandi di 900×900 pixel**, definite attraverso un'analisi degli usi ricorrenti all'interno del sito.

Questa configurazione rappresenta un equilibrio ottimale tra qualità visiva e prestazioni, riducendo il peso complessivo del **20% rispetto alla soglia comune di 1024 pixel** mantenendo un impatto grafico soddisfacente.

Il workflow raccomandato prevede il **ridimensionamento preliminare delle immagini** prima del caricamento, utilizzando strumenti di ottimizzazione online per adattare le immagini alla dimensione finale necessaria, seguito dalla selezione della dimensione appropriata nell'editor *WordPress* in base al contesto specifico.

3.1.1.4 Migrazione da video embedded a soluzioni locali ottimizzate

La sostituzione degli embed *Vimeo* con **video locali ottimizzati** ha rappresentato un intervento strategico per eliminare dipendenze esterne e ottimizzare il controllo sulla qualità e compressione dei contenuti video. L'implementazione ha previsto lo sviluppo di una soluzione *JavaScript* personalizzata che gestisce dinamicamente il caricamento del video appropriato in base alla dimensione del dispositivo.

La soluzione implementata utilizza elementi video *HTML5* nativi con caricamento condizionale tramite *JavaScript*, garantendo il servizio della versione appropriata (desktop o mobile) senza sovraccaricare la connessione con risorse non necessarie. Il codice include attributi di ottimizzazione come `preload="none"` per evitare il download automatico e poster image per migliorare la prestazione percepita dall'utente durante il caricamento iniziale della pagina.

L'ottimizzazione dei video è stata realizzata utilizzando *HandBrake* con parametri specifici per la pubblicazione sul web: formato *MP4* con **risoluzione massima di 1600×900 per desktop e 480p per mobile**, qualità costante con un constant rate factor (RF) 30 per desktop e RF 25 per mobile. La rimozione delle tracce audio e sottotitoli, non necessarie per video di background, ha contribuito ulteriormente alla riduzione del peso finale.

Tabella 3.1: Confronto metriche performance: migrazione da embed *Vimeo* a video locali ottimizzati

Metrica	Con Vimeo	Video locali	Dopo HandBrake**	Cambiamento
Emissioni CO ₂	5,31 g	3,51 g	–	-1,80 g (-33,9%)
Peso pagina totale	13,64 MB	9,01 MB	–	-4,63 MB (-33,9%)
Peso immagini	1,01 MB	1,11 MB	–	-0,10 MB
Peso media	–	6,16 MB	1,93 MB	+1,93 MB
Scripts	968,24 KB	718,42 KB	–	-249,42 KB (-25,8%)
HTML/CSS	298,32 KB	264,96 KB	–	-33,35 KB (-11,2%)
Altre risorse	11,36 MB*	762,06 KB	–	-10,60 MB (-93,3%)
Miglioramento totale	-9,05 MB (-66,35%)			

* I video *Vimeo* erano classificati come "Altre risorse" nel report iniziale

** I dati "Dopo *HandBrake*" sono stati raccolti alla fine di tutte le ottimizzazioni del sito.

L'unico dato rilevante per questa sezione è il "Peso media" che mostra la riduzione ottenuta dalla compressione con *HandBrake*.

I risultati dell'ottimizzazione, documentati nella Tabella 3.1, mostrano una **riduzione significativa dell'impatto ambientale** con un **miglioramento**

complessivo del 66,35% nel peso totale della pagina e una riduzione delle emissioni di CO₂ da 5,31g a 3,51g.

3.1.1.5 Ottimizzazione dell'integrazione YouTube

Per i contenuti video provenienti da *YouTube*, è stato implementato il plugin *WP YouTube Lyte* che sostituisce gli iframe standard con placeholder statici, riducendo significativamente il peso delle pagine e migliorando i tempi di caricamento. La configurazione adottata prevede **dimensioni del player di 853×480 pixel** (formato 16:9) e attivazione della cache locale per le miniature.

L'implementazione richiede semplicemente l'utilizzo di shortcode specifici `[lyte id="VIDEO_ID"]` al posto degli embed tradizionali, mantenendo la stessa esperienza utente finale ma con **benefici prestazionali significativi**. La Tabella 3.2 documenta i miglioramenti ottenuti attraverso questa ottimizzazione.

Tabella 3.2: Confronto performance: embed *YouTube* standard vs *WP YouTube Lyte*

Metrica	Prima (Embed Standard)	Dopo (WP YouTube Lyte)	Miglioramento
Peso pagina	2,73 MB	1,90 MB	-30%
Emissioni CO ₂	1,06 g	0,74 g	-30%
Tempo esecuzione JS	1548 ms	833 ms	-46%
Richieste HTTP	68	51	-25%
Elementi DOM	920	583	-37%

La soluzione elimina il render-blocking causato dagli iframe *YouTube* nativi e semplifica significativamente la struttura DOM, passando da 920 a 583 elementi (-37%).

3.1.2 Ottimizzazioni avanzate di performance

Le ottimizzazioni avanzate si concentrano sulla **gestione intelligente delle risorse CSS e JavaScript**, sull'eliminazione delle dipendenze non necessa-

rie e sulla sostituzione di componenti pesanti con soluzioni personalizzate più efficienti.

3.1.2.1 Gestione selettiva delle risorse con Asset CleanUp

L'implementazione del plugin *Asset CleanUp* ha permesso di ottimizzare il caricamento delle risorse CSS e JavaScript attraverso una **gestione granulare page-specific**. Questa strategia elimina il problema comune nei siti *WordPress* dove plugin e temi caricano indiscriminatamente le proprie risorse su tutte le pagine, indipendentemente dalla necessità effettiva.

Per la homepage sono stati disattivati i plugin *Contact Form 7*, *Redirection for Contact Form 7*, *Smash Balloon Custom Facebook Feed* e *Smash Balloon Instagram Feed*, che non forniscono funzionalità necessarie per quella specifica pagina. Come evidenziato nella Tabella 3.3, l'ottimizzazione ha prodotto miglioramenti significativi su tutti i parametri prestazionali, con riduzioni fino al 69.6% nel tempo di esecuzione JavaScript e 47.5% nel peso pagina.

Tabella 3.3: Confronto metriche ottimizzazione homepage: prima e dopo Asset CleanUp

Metrica	Prima	Dopo	Miglioramento
Voto Ecograder	E (38/100)	E (47/100)	+9
Emissioni CO ₂	3,50 g	1,66 g	-47,4%
Peso pagina	8,99 MB	4,27 MB	-47,5%
Voto Yellow Lab Tools	B (72/100)	A (82/100)	+10 punti
Numero richieste	58	28	-51,7%
Domini diversi	8	3	-62,5%
Tempo esecuzione JS	1531 ms	466 ms	-69,6%
Accessi DOM	1276	1092	-14,4%
Numero iframe	2	0	-100%
Variabili globali	50	23	-54%
Regole CSS	8849	7663	-13,4%
Colori CSS	192	143	-25,5%

Per quanto riguarda le pagine secondarie, l'approccio adottato ha richiesto un'attenta valutazione caso per caso. Un esempio particolarmente significativo è rappresentato dalla pagina *Azienda*: l'assenza di form di contatto e la non

necessità di integrazioni social hanno permesso di disattivare completamente cinque plugin (Contact Form 7, Redirection for Contact Form 7, Smash Balloon Custom Facebook Feed, Smash Balloon Instagram Feed e Brevo), riducendo così il carico di risorse non essenziali.

Infine le configurazioni globali includono la **disattivazione site-wide degli emoji WordPress** e la **rimozione completa di Google Fonts**, sostituite con font di sistema ottimizzati. Per gestire le eccezioni, il sistema permette di mantenere plugin specifici attivi su singole pagine attraverso regole di override che garantiscono flessibilità nella gestione delle risorse.

3.1.2.2 Sviluppo di componenti personalizzati

La sostituzione di elementi pesanti di *WPBakery Page Builder* con **soluzioni JavaScript personalizzate** ha rappresentato un intervento strategico per eliminare dipendenze significative che impattano negativamente sulle performance del sito.

3.1.2.2.1 Carosello clienti ottimizzato

Il carosello clienti è stato sostituito con una **soluzione custom** che elimina completamente le dipendenze da librerie esterne come *jQuery* e *OwlCarousel*. L'implementazione utilizza *JavaScript* vanilla con **animazioni hardware-accelerate** attraverso trasformazioni CSS, gestione completa degli eventi mouse e touch, e un sistema di calcolo dinamico del numero di slide visibili basato sulla viewport.

La soluzione implementa **quattro breakpoint responsive specifici**:

- **Mobile:** <480px
- **Tablet:** 480–767px
- **Desktop M:** 768–1279px
- **Desktop L:** ≥1280px

con dimensioni delle slide ottimizzate per ogni dispositivo. Il sistema include funzionalità avanzate come la **randomizzazione dei contenuti** ad ogni

caricamento (implementata attraverso l'algoritmo *Fisher-Yates*), la gestione intelligente degli eventi touch con distinzione tra scroll verticale e drag orizzontale, e un sistema di feedback visivo con cursori grab/grabbing.

I risultati dell'ottimizzazione mostrano una **riduzione del 25% nelle emissioni di CO₂** (da 0,88g a 0,66g) e del peso della pagina (da 2,27 MB a 1,70 MB), con un **miglioramento del punteggio Ecograder da 53 a 58 punti**.

3.1.2.2.2 Sistema modulare per caroselli software

I caroselli software sono stati sostituiti con una **soluzione modulare più avanzata** che gestisce istanze multiple indipendenti attraverso un sistema di shortcode configurabili. L'architettura implementa classi *JavaScript* separate per la gestione di singole istanze (`SoftwaresCarousel`) e per la coordinazione globale (`CarouselManager`), garantendo una gestione efficiente della memoria e la prevenzione di memory leak.

Il sistema di shortcode supporta **configurazioni flessibili** per diversi tipi di contenuto:

- `[vertical_carousel type="soluzioni-verticali"]` per le prime 7 soluzioni con shuffle automatico
- `[vertical_carousel type="business-app"]` per le applicazioni business con dati specifici
- `[vertical_carousel type="software"]` per tutti i software con randomizzazione completa

L'implementazione include gestione avanzata del drag con rilevamento della direzione del movimento, validazione robusta dei dati input, e un sistema di gestione degli stati che previene conflitti con lo scroll nativo su dispositivi touch.

3.1.2.3 Minificazione e ottimizzazioni del codice

L'implementazione di *W3 Total Cache* con configurazione ottimizzata per la minificazione ha permesso di **ridurre il peso complessivo delle pagine** eliminando caratteri non necessari dal codice HTML, CSS e *JavaScript*. La

minificazione automatica rimuove spazi, commenti, caratteri di nuova riga e altre ridondanze che non impattano sulla funzionalità ma aumentano inutilmente le dimensioni dei file trasferiti.

Questa ottimizzazione contribuisce alla **riduzione del tempo di caricamento e del traffico dati**, diminuendo di conseguenza l'impatto ambientale del sito attraverso la riduzione del consumo energetico dei server e della banda necessaria per la trasmissione dei dati.

3.1.2.4 Eliminazione delle dipendenze esterne

La sostituzione di *Google Fonts* con **font di sistema nativi** ha eliminato completamente le richieste HTTP aggiuntive verso domini esterni, migliorando le performance e garantendo una migliore compatibilità cross-platform. L'implementazione utilizza uno stack di font di sistema ottimizzato:

```
font-family: -apple-system, BlinkMacSystemFont, "Segoe UI", Roboto, Oxygen-Sans, Ubuntu, Cantarell, "Helvetica Neue", sans-serif;
```

Questa configurazione garantisce il **caricamento istantaneo dei font** già presenti nel sistema operativo, eliminando i tempi di download e le dipendenze verso servizi esterni. La soluzione è supportata da uno script PHP che rimuove forzatamente eventuali enqueue residui di *Google Fonts*, garantendo l'eliminazione completa delle dipendenze esterne.

L'ottimizzazione di *Font Awesome* ha previsto la conversione di tutte le icone utilizzate nel sito alla versione "Solid", permettendo la disattivazione completa delle varianti "Regular" e "Light". Questa strategia ha generato una **riduzione di 169kB nel peso delle risorse caricate** e una semplificazione del sistema di caricamento da tre file a un singolo file di icone.

3.1.3 Miglioramenti di accessibilità e SEO

I miglioramenti di accessibilità e SEO contribuiscono alla **sostenibilità ambientale** rendendo i contenuti facilmente fruibili e riducendo la necessità di ricaricamenti pagina dovuti a difficoltà di navigazione o interpretazione dei contenuti.

3.1.3.1 Ottimizzazione della struttura semantica HTML

La revisione completa della struttura semantica *HTML* ha comportato la **correzione della gerarchia dei heading** per garantire una navigazione logica e accessibile. Gli interventi hanno incluso la conversione di elenchi impropriamente marcati come titoli in elementi `` semanticamente corretti, la correzione di salti di livello nella numerazione dei heading e la sostituzione di tag `` multipli con elementi `<p>` appropriati.

La sostituzione sistematica di `` con `` e `<i>` con `` ha conferito **peso semantico agli elementi di enfasi** invece del solo styling estetico, migliorando l'interpretazione da parte di screen reader e motori di ricerca.

L'implementazione di un **H1 semanticamente corretto** per il logo del sito rappresenta un'ottimizzazione fondamentale per il SEO. Nella homepage, dove non sono presenti altri H1, il logo viene correttamente utilizzato come titolo principale, mentre nelle pagine interne viene utilizzato un contenitore neutro che non interferisce con la gerarchia dei contenuti.

La soluzione implementa una **tecnica di sostituzione del testo** che mantiene l'accessibilità preservando il contenuto testuale per i screen reader mentre mostra l'immagine del logo agli utenti:

```
#logo-title {  
    background-image: url('logo.png');  
    text-indent: -9999em;  
    direction: ltr;  
    overflow: hidden;  
    white-space: nowrap;  
}
```

3.1.3.2 Conformità agli standard di accessibilità

L'ottimizzazione del contrasto colori è stata implementata per garantire **conformità alle Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 livello AA**. La nuova palette colori garantisce **rapporti di contrasto superiori a 4,5:1** per il testo normale e superiori a 3:1 per il testo di grandi dimensioni:

- Arancione principale: #C73F0E (contrasto 5,07:1 con il bianco)
- Grigio testo footer: #767676 (contrasto 4,54:1 con il bianco)
- Verde numero verde: #298456 (contrasto 4,64:1 con il bianco)

L'attivazione del supporto per la **navigazione da tastiera** attraverso l'opzione "Highlight theme elements on focus" del tema *Impreza* migliora significativamente l'accessibilità per utenti che navigano senza mouse, rendendo visibili gli elementi in focus per utenti con disabilità motorie.

3.1.3.3 Ottimizzazione dei form e dell'interazione utente

L'ottimizzazione dell'accessibilità del form newsletter ha previsto l'implementazione di **associazioni corrette tra elementi <label> e <input>** attraverso gli attributi `id` e `for`. Questa modifica è fondamentale per la corretta interpretazione da parte di screen reader e tecnologie assistive, permettendo agli utenti di attivare i checkbox cliccando sul testo della label.

La conversione della tabella dei contatti da struttura pseudo-HTML basata su `<div>` a **tabella semantica nativa** ha risolto problematiche di accessibilità e visualizzazione mobile, come illustrato nella figura 3.1. L'implementazione include attributi `scope="row"` per identificare correttamente le intestazioni di riga, attributi `aria-describedby` per collegare descrizioni dettagliate, e CSS ottimizzato per la gestione responsive.

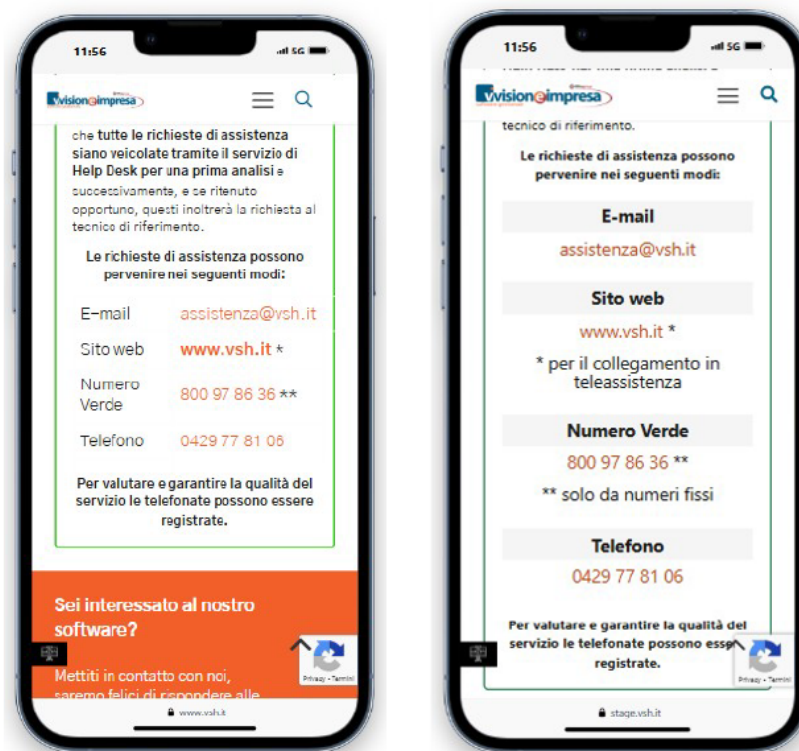


Figura 3.1: Confronto visualizzazione mobile: tabella contatti prima e dopo l'ottimizzazione semantica

La struttura semantica corretta migliora significativamente l'interpretazione da parte di screen reader, il riconoscimento dei contenuti tabulari da parte dei motori di ricerca, e la visualizzazione su dispositivi mobili attraverso regole CSS che nascondono automaticamente le celle vuote e riorganizzano il contenuto in formato lineare, come mostrato nella Figura 3.1.

3.1.3.4 Miglioramenti della user experience

L'implementazione di una galleria immagini basata su *CSS Grid* nella pagina "Chi siamo" ha sostituito il sistema pesante di *WPBakery* con una **soluzione leggera e responsive**. La configurazione utilizza *column-count* per creare un layout masonry adattivo che passa automaticamente da 4 colonne su desktop a 2 colonne su mobile, migliorando significativamente la fruibilità dei contenuti su dispositivi piccoli, come illustrato nella Figura 3.2.



Figura 3.2: Confronto visualizzazione mobile: galleria immagini "Chi siamo" prima e dopo l'ottimizzazione con *CSS Grid*

3.2 Ottimizzazioni e-commerce PrestaShop

Le ottimizzazioni sono state implementate sulla piattaforma e-commerce `movishop.it` secondo tre pilastri fondamentali: lo sviluppo di una **suite completa** per la gestione del formato **WebP**, l'implementazione del **lazy loading** attraverso modifiche al sistema di temi **child**, e l'attivazione di **sistemi di cache avanzati nativi** della piattaforma. Questo approccio ha permesso di ottenere **miglioramenti significativi nelle performance** mantenendo la piena compatibilità con le funzionalità e-commerce esistenti.

3.2.1 Implementazione formato WebP

L'implementazione del formato **WebP** sulla piattaforma **PrestaShop** ha richiesto lo sviluppo di una **soluzione personalizzata completa**, poiché il CMS non dispone nativamente di strumenti integrati per la gestione di formati di immagine di nuova generazione. La soluzione sviluppata consiste in una **suite di**

quattro script PHP specializzati che gestiscono l'intero ciclo di vita della conversione e manutenzione delle immagini WebP.

3.2.1.1 Architettura della soluzione WebP

La soluzione implementata si articola attraverso una suite di script PHP posizionati nella directory `/aiscripts/webp/` che gestiscono differenti aspetti del processo di ottimizzazione. L'architettura modulare permette di eseguire operazioni specifiche mantenendo la flessibilità operativa e riducendo i rischi di conflitti con il sistema di base.

Lo script principale di conversione (`1_convert_webp.php`) implementa un **sistema di conversione batch** che elabora le immagini in lotti configurabili per evitare timeout del server durante l'elaborazione di grandi quantità di contenuti. Il sistema utilizza la libreria PHP Imagick per garantire una qualità di conversione ottimale, configurata con un **livello di qualità pari all'80%** che rappresenta il compromesso ideale tra compressione e fedeltà visiva per applicazioni web.

La gestione degli errori è implementata attraverso un **sistema di logging completo** che traccia ogni operazione eseguita, permettendo di identificare e risolvere rapidamente eventuali problematiche durante il processo di conversione. Il sistema include inoltre un meccanismo di controllo delle interruzioni tramite file flag (`stop.flag`) che consente di arrestare manualmente il processo in caso di necessità operative.

Il supporto per la trasparenza PNG viene gestito nativamente dalla soluzione, **preservando le caratteristiche *alpha channel*** delle immagini originali durante la conversione al formato WebP. Questa funzionalità risulta fondamentale per mantenere l'integrità visiva di loghi, icone e elementi grafici che utilizzano trasparenze nei cataloghi prodotto.

Gli script di pulizia (`2_clean_webp.php` e `3_clean_originals.php`) implementano **strategie differenti per la gestione dello spazio disco** e il mantenimento dell'integrità del catalogo. Il primo script esegue una pulizia selettiva che elimina esclusivamente i file WebP che dispongono di un corrispondente originale, preservando eventuali file WebP orfani per evitare perdite di

dati. Il secondo script inverte la logica, eliminando i formati originali JPEG e PNG solo quando esiste una versione WebP corrispondente, **massimizzando il risparmio di spazio disco**.

Lo script di reportistica (`4_status_report.php`) fornisce un'analisi completa dello stato delle immagini nel sistema, calcolando **statistiche dettagliate sui conteggi, le dimensioni e le percentuali di copertura WebP**. Il sistema identifica inoltre i file orfani e fornisce stime precise dello spazio liberabile attraverso le diverse strategie di pulizia, supportando le decisioni operative di gestione dello storage.

3.2.1.2 Automazione tramite processi cron

L'integrazione con il sistema cron del server garantisce l'**automazione completa del processo di conversione**, configurata per eseguire la conversione batch ogni sabato alle 12:00. La pianificazione è stata progettata per operare durante i **periodi di minore traffico**, riducendo l'impatto sulle performance del sito durante gli orari di maggiore utilizzo.

Il comando configurato utilizza il binario `sp-php` specifico dell'ambiente hosting con **timeout esteso a 2400 secondi (40 minuti)**, garantendo il completamento delle operazioni anche per cataloghi di grandi dimensioni. La configurazione del timeout tiene conto delle caratteristiche specifiche dell'ambiente shared hosting, bilanciando le esigenze di elaborazione con i limiti operativi del server.

L'automazione garantisce che tutte le nuove immagini caricate nel sistema vengano automaticamente convertite senza richiedere interventi manuali da parte degli operatori, rendendo la gestione del formato WebP **completamente trasparente nel workflow operativo quotidiano**.

3.2.1.3 Gestione del servizio tramite regole .htaccess

Il servizio automatico delle immagini WebP ai browser compatibili viene gestito attraverso regole `.htaccess` che implementano la **content negotiation basata sull'header HTTP Accept**. La soluzione rileva automaticamente il

supporto per il formato WebP nel browser client e serve la versione ottimizzata quando disponibile, mantenendo un **fallback trasparente** alle immagini originali per browser non compatibili.

Di seguito vengono mostrate le regole nel file `.htaccess`:

```
RewriteCond %{HTTP_ACCEPT} image/webp
RewriteCond %{REQUEST_FILENAME}\.webp -f
RewriteRule ^(.+)\.(jpe?g|png)$ $1.$2.webp [T=image/webp,E=webp,L]
```

Le regole implementate verificano l'esistenza del file WebP corrispondente prima di servire la versione ottimizzata, garantendo che il sistema non generi errori 404 per immagini non ancora convertite. Il tipo MIME viene impostato correttamente (`image/webp`) per garantire la corretta interpretazione da parte dei browser, mentre l'environment variable `webp` permette di tracciare l'utilizzo della funzionalità attraverso i log del server.

3.2.1.4 Interfaccia di gestione web

La gestione delle operazioni WebP può essere supportata anche da un'**interfaccia web** (`convertiwebp.php`) che fornisce una dashboard user-friendly per l'amministrazione del sistema. L'interfaccia integra tutte e quattro le modalità operative attraverso un'architettura a griglia che permette l'accesso rapido alle funzionalità principali.

Il sistema di progresso in tempo reale visualizza l'avanzamento delle operazioni di conversione attraverso **aggiornamenti dinamici della pagina**, implementati tramite refresh automatici che permettono agli operatori di monitorare lo stato delle elaborazioni senza interferire con i processi in corso. La visualizzazione dei log avviene in tempo reale con formattazione CSS che facilita l'interpretazione delle operazioni eseguite.

Per garantire la sicurezza delle operazioni potenzialmente distruttive, l'interfaccia implementa **dialog di conferma JavaScript** che richiedono un'azione esplicita dell'operatore prima di procedere con operazioni di pulizia. Il sistema fornisce inoltre statistiche immediate al completamento delle operazioni, permettendo una valutazione rapida dei risultati ottenuti.

L'accesso all'interfaccia è limitato attraverso restrizioni di posizionamento che impediscono l'utilizzo da parte di utenti non autorizzati, mentre i controlli di sicurezza interni verificano la validità delle operazioni richieste prima dell'esecuzione.

3.2.1.5 Risultati della implementazione WebP

L'implementazione del formato WebP ha generato **risultati significativi in termini di riduzione dell'impatto ambientale** e miglioramento delle performance. I test condotti utilizzando diversi strumenti di analisi hanno documentato miglioramenti considerevoli sia su dispositivi mobile che desktop.

Le **performance mobile** hanno mostrato i miglioramenti più significativi, come evidenziato nella Tabella 3.4. Il punteggio generale delle prestazioni è aumentato da 39 a 59 punti, registrando un **incremento del 51%** che rappresenta un salto qualitativo sostanziale. Particolarmente rilevante è la **riduzione del 40% nel Largest Contentful Paint** (da 6,0s a 3,6s), del 95% del Total Blocking Time (da 370ms a 20ms) e del 24% dello Speed Index (da 6,3s a 4,8s). È da notare che il First Contentful Paint ha subito una variazione negativa di 0,4s, probabilmente dovuta a fattori esterni temporanei durante la misurazione.

Tabella 3.4: Miglioramenti mobile: performance PageSpeed Insights dopo implementazione WebP

Metrica	Prima	Dopo	Miglioramento
Prestazioni	39	59	+20 punti (+51%)
First Contentful Paint	2,3s	2,7s	-0,4s
Largest Contentful Paint	6,0s	3,6s	-2,4s (-40%)
Total Blocking Time	370ms	20ms	-350ms (-95%)
Speed Index	6,3s	4,8s	-1,5s (-24%)

Le **performance desktop** hanno mostrato miglioramenti più contenuti ma comunque significativi, come illustrato nella Tabella 3.5. Il punteggio delle prestazioni è aumentato di 1 punto (da 93 a 94), mantenendo un livello già elevato. Le metriche temporali hanno registrato riduzioni nei tempi di caricamento per tutte le componenti principali: First Contentful Paint migliorato di 0,1s, Lar-

gest Contentful Paint ridotto di 0,1s. Il **Total Blocking Time desktop ha registrato una diminuzione del 63%** (da 80ms a 30ms), un miglioramento sostanziale che contribuisce alla fluidità dell'interazione utente. Il leggero incremento di 0,1s nello Speed Index rappresenta una variazione minima nell'ambito della variabilità normale delle misurazioni.

Tabella 3.5: Miglioramenti desktop: performance PageSpeed Insights dopo implementazione WebP

Metrica	Prima	Dopo	Miglioramento
Prestazioni	93	94	+1 punto
First Contentful Paint	0,8s	0,7s	-0,1s
Largest Contentful Paint	0,9s	0,8s	-0,1s
Total Blocking Time	80ms	30ms	-50ms (-63%)
Speed Index	2,0s	2,1s	+0,1s

Dal **punto di vista della sostenibilità ambientale**, Ecograder ha documentato risultati particolarmente significativi, come mostrato nella Tabella 3.6. Il sistema ha registrato una **riduzione del 16% nelle emissioni di CO₂** (da 0,92g a 0,77g per visita), un miglioramento che assume rilevanza particolare quando moltiplicato per il volume di traffico di una piattaforma e-commerce. La **diminuzione del 16% nel peso complessivo della pagina** (da 2,36 MB a 1,98 MB) rappresenta un risparmio netto di 380 KB per ogni pagina caricata, contribuendo direttamente alla riduzione del consumo energetico per il trasferimento dati. Il punteggio Ecograder è aumentato di 2 punti (da 52 a 54), mantenendo la classificazione E ma evidenziando un trend positivo verso una maggiore sostenibilità.

Tabella 3.6: Miglioramenti sostenibilità ambientale: metriche Ecograder dopo implementazione WebP

Metrica	Prima	Dopo	Miglioramento
Score	52 (E)	54 (E)	+2 punti
Emissioni CO ₂	0,92g	0,77g	-0,15g (-16%)
Peso pagina	2,36 MB	1,98 MB	-0,38 MB (-16%)

L'analisi condotta con **Yellow Lab Tools** ha confermato e ampliato i risultati precedenti, come evidenziato nella Tabella 3.7. Lo strumento ha documentato una **riduzione del 18% nel peso totale** (da 2,27 MB a 1,85 MB), con un risparmio di 420 KB che conferma l'efficacia della conversione WebP. Il punteggio globale è aumentato di 2 punti (da 61 a 63), mantenendo la classificazione B ma evidenziando il miglioramento qualitativo. Particolarmente interessante è la **diminuzione dell'11% nelle immagini da ottimizzare** (da 379 KB a 336 KB), che indica come la conversione WebP abbia ridotto significativamente il potenziale di ottimizzazione residuo, suggerendo un livello di efficienza già elevato nel formato delle immagini.

Tabella 3.7: Miglioramenti performance generali: metriche Yellow Lab Tools dopo implementazione WebP

Metrica	Prima	Dopo	Miglioramento
Score globale	61/100 (B)	63/100 (B)	+2 punti
Peso totale	2,27 MB	1,85 MB	-0,42 MB (-18%)
Immagini da ottimizzare	379 KB	336 KB	-43 KB (-11%)

I risultati ottenuti evidenziano come l'implementazione del formato WebP abbia prodotto **miglioramenti significativi trasversali** su tutti gli strumenti di analisi utilizzati. La coerenza dei risultati tra le diverse piattaforme di testing conferma l'affidabilità dei miglioramenti raggiunti. Le performance mobile hanno registrato i benefici maggiori, aspetto particolarmente rilevante considerando la crescente prevalenza del traffico mobile nell'e-commerce. Dal punto di vista ambientale, la **riduzione complessiva del 15-18% nelle dimensioni delle pagine** e nelle emissioni di CO₂ rappresenta un contributo concreto alla sostenibilità web della piattaforma e-commerce, dimostrando come ottimizzazioni tecniche specifiche possano generare benefici ambientali misurabili e significativi.

3.2.2 Implementazione lazy loading

L'implementazione del lazy loading sulla piattaforma PrestaShop è stata realizzata utilizzando un **tema child** per garantire la persistenza delle modifiche

durante gli aggiornamenti del sistema. In questo contesto, è stato sfruttato l'attributo HTML5 nativo `loading="lazy"` per implementare il caricamento differito delle immagini **senza dipendenze JavaScript aggiuntive**.

3.2.2.1 Configurazione tramite tema child

Per **garantire la persistenza delle modifiche durante gli aggiornamenti**, è stato adottato un tema child (`PRS026_child`) derivato dal tema padre `PRS026`, che permette di mantenere le personalizzazioni senza rischi di sovrascrittura. Il tema child eredita automaticamente tutte le funzionalità del tema padre, **sovrascrivendo selettivamente solo i file template** che richiedono modifiche specifiche, riducendo la complessità di manutenzione e garantendo la compatibilità con le funzionalità native della piattaforma e-commerce.

3.2.2.2 Modifiche ai template

L'implementazione ha richiesto **test e modifiche su alcuni file template strategici** che gestiscono la visualizzazione delle miniature prodotto in diversi contesti della piattaforma. Tra i principali file modificati: `product.tpl` per le miniature prodotto principali nelle liste, `category.tpl` per le miniature delle categorie nella navigazione, e `ttproduct.tpl` per i prodotti in sezioni speciali come promozioni e novità.

Le modifiche si limitano all'**aggiunta dell'attributo `loading="lazy"`** agli elementi ``, preservando tutti gli attributi esistenti e garantendo la compatibilità completa con la logica di business esistente. La strategia di implementazione mantiene invariate tutte le altre caratteristiche del markup HTML.

3.2.2.3 Benefici dell'implementazione

Il lazy loading nativo implementato genera **benefici significativi in termini di performance**, con riduzione del tempo di caricamento iniziale particolarmente evidente nelle pagine di categoria che contengono numerose miniature prodotto. L'ottimizzazione della banda risulta vantaggiosa per utenti con connessioni limitate, mentre il **miglioramento della percezione di velocità**

rende i contenuti critici immediatamente disponibili. La compatibilità cross-browser è assicurata dal fallback automatico dei browser che non supportano l'attributo.

3.2.3 Ottimizzazioni cache native

L'attivazione del sistema di cache nativo di PrestaShop rappresenta uno degli **interventi con maggiore impatto sulle performance complessive** della piattaforma. La configurazione è stata realizzata attraverso l'abilitazione delle funzionalità native disponibili nel pannello amministrativo, senza richiedere sviluppo personalizzato o modifiche al codice sorgente.

3.2.3.1 Configurazione cache Smarty

È stata attivata la **cache Smarty per l'ottimizzazione dei template PHP**, implementando la ricompilazione condizionale che verifica la presenza di aggiornamenti nei file template prima di procedere con nuove compilazioni. Questa configurazione elimina le ricompilazioni non necessarie durante la navigazione standard, riducendo significativamente il carico computazionale del server e migliorando i tempi di risposta.

Il tipo di cache selezionato utilizza il file system locale del server, configurazione che risulta ottimale per l'ambiente hosting condiviso utilizzato dal sito. Inoltre, è stata abilitata l'opzione di **pulizia automatica della cache** in caso di modifiche al contenuto, garantendo la coerenza dei dati visualizzati.

3.2.3.2 Sistema CCC (Combinazione, Compressione e Cache)

È stato attivato il **sistema CCC nativo per l'ottimizzazione delle risorse statiche** che comprende tre meccanismi:

- **Combinazione**: aggregazione di file multipli CSS e JavaScript in singole richieste HTTP
- **Compressione**: riduzione delle dimensioni dei file attraverso algoritmi di compressione

- **Cache intelligente:** memorizzazione ottimizzata delle risorse elaborate

La smart cache per CSS combina automaticamente i fogli di stile in un numero ridotto di richieste, mentre la gestione JavaScript applica la medesima logica preservando l'ordine delle dipendenze e mantenendo la compatibilità funzionale.

L'ottimizzazione Apache tramite file `.htaccess` abilita ulteriori direttive per la compressione Gzip e la cache lato browser, estendendo l'efficacia delle ottimizzazioni anche al livello di delivery dei contenuti.

3.2.3.3 Impatto delle ottimizzazioni

L'attivazione dei sistemi di cache nativi ha generato **miglioramenti trasversali nelle performance** della piattaforma, con benefici nei tempi di risposta del server e nella gestione delle risorse statiche. La riduzione del carico computazionale e del traffico di rete contribuisce indirettamente alla sostenibilità ambientale del sito.

La **gestione automatica e trasparente della cache** garantisce che le ottimizzazioni rimangano operative senza richiedere interventi manuali continui, assicurando un mantenimento a lungo termine delle performance acquisite.

3.3 Confronto degli approcci tra le due piattaforme

L'implementazione delle ottimizzazioni di sostenibilità web su WordPress e PrestaShop ha evidenziato **differenze sostanziali negli approcci metodologici** e nelle strategie tecniche richieste. Questa sezione analizza le specificità di ciascuna piattaforma, i punti di convergenza e gli aspetti emersi dall'esperienza cross-platform.

3.3.1 Paradigmi di ottimizzazione

Le due piattaforme hanno richiesto **strategie di approccio fondamentale diverse** a causa delle loro architetture e finalità specifiche. WordPress,

come CMS orientato ai contenuti, ha beneficiato maggiormente di ottimizzazioni basate su plugin specializzati e modifiche ai contenuti esistenti. PrestaShop, invece, ha richiesto interventi più profondi a livello di codice e template per ottimizzare specificamente le funzionalità e-commerce.

3.3.1.1 WordPress: approccio plugin-centered

La filosofia di WordPress si basa su un **ecosistema di plugin modulari** che ha permesso di implementare la maggior parte delle ottimizzazioni attraverso soluzioni integrate:

- **Gestione delle immagini:** combinazione di Smush e Converter for Media per una soluzione dual-format
- **Ottimizzazione delle risorse:** Asset CleanUp per gestione granulare page-specific
- **Cache e performance:** W3 Total Cache per minificazione e ottimizzazioni avanzate
- **Video embedding:** WP YouTube Lyte per sostituire embed pesanti

Questo approccio ha garantito **implementazioni rapide** con configurazioni avanzate, ma ha richiesto particolare attenzione alla gestione delle dipendenze tra plugin per evitare conflitti e ridondanze.

3.3.1.2 PrestaShop: approccio development-intensive

PrestaShop ha richiesto un **approccio più orientato allo sviluppo personalizzato**, necessario per superare le limitazioni native della piattaforma:

- **Formato WebP:** sviluppo di suite completa di 4 script PHP personalizzati
- **Lazy loading:** implementazione tramite tema child con modifiche template
- **Cache:** utilizzo esclusivo di funzionalità native CCC e Smarty

- **Automazione:** integrazione con sistemi cron per operazioni batch

La necessità di sviluppo personalizzato ha comportato **tempi di implementazione maggiori** ma ha garantito soluzioni perfettamente integrate con la logica e-commerce specifica.

3.3.2 Gestione delle immagini: strategie a confronto

La gestione delle immagini rappresenta il **punto focale comune** delle ottimizzazioni, ma con approcci operativi molto diversi tra le due piattaforme.

3.3.2.1 WordPress: automazione integrata

WordPress ha beneficiato di un **workflow completamente automatizzato**:

- Ottimizzazione bulk iniziale di 2.229 immagini esistenti con risparmio del 58,8%
- Conversione automatica di tutte le nuove immagini caricate
- Gestione dual-format trasparente (JPEG/PNG e WebP)
- Ridimensionamento automatico delle immagini durante l'upload

3.3.2.2 PrestaShop: controllo granulare

PrestaShop ha richiesto una **gestione più manuale ma flessibile**:

- Controllo completo del processo di conversione WebP
- Monitoraggio dettagliato attraverso logging e reportistica
- Flessibilità nella gestione dello spazio disco (pulizia selettiva per formato)
- Automazione programmata via cron per elaborazioni batch

3.3.3 Strategie tecniche a confronto

Le differenze architetturali hanno determinato **percorsi di implementazione diversi** per raggiungere obiettivi analoghi, come evidenziato nella Tabella 3.8.

Tabella 3.8: Confronto approcci tecnici tra WordPress e PrestaShop

Aspetto	WordPress	PrestaShop
Formato WebP	Plugin ecosystem completo	Sviluppo suite personalizzata
Cache	Plugin terze parti avanzati	Sistemi nativi CCC/Smarty
Minificazione	Integrata in plugin cache	Gestione nativa PrestaShop
Asset Management	Plugin specializzati	Modifiche template dirette
Manutenzione	Update automatici plugin	Manutenzione codice custom

3.3.4 Aspetti emersi

L'esperienza cross-platform ha evidenziato **principi universali** applicabili indipendentemente dalla tecnologia utilizzata:

- **Priorità alle immagini:** rappresentano sempre il target principale per le ottimizzazioni (più del 60% del peso pagina)
- **Approccio graduale:** implementazione progressiva per validare ogni intervento singolarmente
- **Monitoraggio sistematico:** misurazione continua prima/dopo ogni ottimizzazione per documentare i risultati
- **Compatibilità first:** priorità nel preservare la funzionalità esistente durante le ottimizzazioni
- **Specificità delle piattaforme:** ogni CMS richiede strategie tecniche differenti per raggiungere gli stessi obiettivi

L'analisi comparativa dimostra che, nonostante i diversi approcci implementativi, è possibile ottenere **miglioramenti significativi in termini di soste-**

nibilità su entrambe le piattaforme, con la scelta della strategia ottimale dipendente dalle caratteristiche specifiche del progetto e dalle competenze tecniche disponibili.

Capitolo 4

Risultati, analisi e conclusioni

Il presente capitolo presenta i risultati quantitativi ottenuti attraverso l'implementazione delle ottimizzazioni di **sostenibilità web** sulle piattaforme *WordPress* e *PrestaShop*. L'analisi si concentra sulla valutazione dell'**impatto ambientale**, delle **performance web** e della **user experience**, fornendo una panoramica completa dell'efficacia degli interventi realizzati.

La metodologia di valutazione ha seguito un approccio sistematico basato su test comparativi pre e post implementazione, utilizzando strumenti standardizzati dell'industria per garantire l'affidabilità e la comparabilità dei risultati. I dati raccolti attraverso *Google PageSpeed Insights*, *Ecograder*, *Website Carbon Calculator* e *Yellow Lab Tools* forniscono una base quantitativa solida per valutare l'efficacia delle ottimizzazioni implementate.

4.1 Sintesi dei risultati quantitativi

I risultati ottenuti dall'implementazione delle ottimizzazioni di sostenibilità web dimostrano l'efficacia degli interventi realizzati su entrambe le piattaforme analizzate. L'analisi quantitativa ha documentato miglioramenti sostanziali nelle metriche di **performance**, **impatto ambientale** e **user experience**, con effetti differenziati tra *WordPress* e *PrestaShop* che riflettono le diverse condizioni di partenza e caratteristiche architettoniche delle piattaforme.

4.1.1 Piattaforma WordPress

L'implementazione delle ottimizzazioni sulla piattaforma *WordPress* ha generato miglioramenti significativi trasversali su tutte le metriche di sostenibilità e performance analizzate. I risultati documentano un impatto sostanziale delle ottimizzazioni, con particolare evidenza sui dispositivi mobili dove i problemi prestazionali erano più marcati.

4.1.1.1 Performance mobile

Le **performance mobile** hanno registrato i miglioramenti più significativi, con incrementi sostanziali negli indicatori **Core Web Vitals**. Il punteggio *PageSpeed Insights* mobile è aumentato da una media di **52,5** punti a **59,3** punti, registrando un miglioramento del **13%** che rappresenta un progresso apprezzabile considerando le condizioni di partenza critiche.

Il **First Contentful Paint (FCP)** mobile ha subito una riduzione significativa da **11,76** secondi a **7,62** secondi, corrispondente a un miglioramento del **35,2%**. Il **Largest Contentful Paint (LCP)** ha registrato una riduzione da **16,01** secondi a **9,24** secondi (**-42,3%**), avvicinando la metrica verso valori più accettabili.

Il **Total Blocking Time (TBT)** è diminuito da **137ms** a **96ms (-30%)**, indicando una maggiore reattività dell'interfaccia utente durante la fase di caricamento. Il **Cumulative Layout Shift (CLS)** ha mostrato un miglioramento del **53%**, passando da **0,017** a **0,0008**, garantendo una stabilità visiva della pagina notevolmente superiore.

4.1.1.2 Performance desktop

Le **performance desktop** hanno registrato miglioramenti più marcati rispetto alla versione per dispositivi mobile. Il punteggio medio è aumentato da **83** a **95,2** punti (**+14,6%**), raggiungendo un livello di performance elevato.

Il **First Contentful Paint** desktop è migliorato da **1,07** a **0,76** secondi (**-29%**), mentre il **Largest Contentful Paint** è passato da **1,56** a **1,13** secondi (**-27,6%**). Il **Total Blocking Time** ha registrato una riduzione del **61%**,

scendendo da **197ms** a **76ms**, contribuendo significativamente alla fluidità nell'interazione utente.

4.1.1.3 Impatto sulle risorse di rete e sostenibilità ambientale

L'analisi tramite *Yellow Lab Tools* ha evidenziato una riduzione sostanziale del **peso delle pagine** e del **numero di richieste HTTP**. Su mobile, il numero medio di richieste HTTP è diminuito da **58,2** a **49,4** (-15%), mentre il peso totale delle pagine è sceso da **2,41 MB** a **1,25 MB** (-48%). Su desktop, le richieste sono diminuite da **67** a **60,2** (-10%) e il peso da **2,94 MB** a **1,64 MB** (-44%).

L'analisi tramite *Ecograder* ha evidenziato una riduzione sostanziale dell'**impatto ambientale** del sito *WordPress*. Le emissioni di CO₂ per visita sono diminuite da **1,48g** a **0,86g**, con una riduzione del **41,9%**. Il **peso medio delle pagine** misurato da *Ecograder* è diminuito da **3,57 MB** a **2,19 MB** (-38,7%) con un risparmio netto di **1,38 MB** per pagina caricata. Sebbene i valori di peso delle pagine rilevati da *Ecograder* differiscano da quelli di *Yellow Lab Tools*, entrambi gli strumenti confermano un miglioramento significativo nell'ottimizzazione delle risorse.

Questi miglioramenti rappresentano uno dei risultati più significativi dal punto di vista della **sostenibilità ambientale**, in quanto la riduzione del traffico dati si traduce direttamente in minori consumi energetici per la trasmissione e l'elaborazione delle informazioni. Le pagine con maggiore impatto ambientale iniziale hanno beneficiato delle riduzioni più significative: la homepage, che registrava **6,34g** di CO₂ per visita, e le sezioni più pesanti del sito hanno raggiunto valori in linea con la media del sito ottimizzato.

4.1.2 Piattaforma PrestaShop

L'implementazione delle ottimizzazioni sulla piattaforma e-commerce *PrestaShop* ha prodotto risultati notevoli, con miglioramenti particolarmente significativi nelle metriche di performance e stabilità visiva. Le ottimizzazioni

hanno dimostrato un'efficacia superiore rispetto alle aspettative, specialmente considerando la complessità della piattaforma commerciale analizzata.

4.1.2.1 Performance mobile

Le **performance mobile** hanno mostrato un miglioramento complessivo, nonostante alcune variazioni nelle singole metriche. Il punteggio *PageSpeed Insights* mobile è aumentato da una media di **56,6** punti a **64,6** punti, registrando un miglioramento del **14,1%** che porta la piattaforma verso livelli di performance più accettabili per un e-commerce moderno.

Il **First Contentful Paint (FCP)** mobile è passato da **2,99** secondi a **3,3** secondi, registrando un lieve peggioramento che tuttavia mantiene la metrica in valori sostanzialmente stabili. Il **Largest Contentful Paint (LCP)** ha registrato una riduzione significativa da **4,67** secondi a **4,54** secondi (**-2,8%**), pur rimanendo al di sopra dei valori ottimali raccomandati.

Il **Total Blocking Time (TBT)** è passato da **7,3ms** a **14ms**, mostrando un peggioramento che rimane tuttavia in linea con valori accettabili per la reattività durante il caricamento. Il **Cumulative Layout Shift (CLS)** ha registrato il miglioramento più drammatico, passando da **0,655** a **0,297** (**-54,7%**), riducendo significativamente i problemi di stabilità visiva che caratterizzavano la piattaforma.

4.1.2.2 Performance desktop

Le **performance desktop** hanno consolidato un livello già elevato, con il punteggio che è passato da **94,7** a **94,8** punti, mantenendo standard di eccellenza. Le metriche temporali hanno mostrato variazioni contenute: il **First Contentful Paint** è rimasto stabile a **0,75** secondi, mentre il **Largest Contentful Paint** è passato da **0,87** a **1,07** secondi, registrando un lieve peggioramento che mantiene comunque valori ottimali.

Il **Total Blocking Time** desktop è passato da **4,7ms** a **15,3ms**, mostrando un incremento che rimane tuttavia in range accettabili, mentre il **Cumulative**

Layout Shift è migliorato da **0,043** a **0,029** (**-32,6%**), confermando la stabilità visiva ottimizzata.

4.1.2.3 Impatto sulle risorse di rete e sostenibilità ambientale

L'analisi tramite *Yellow Lab Tools* ha evidenziato un miglioramento nell'ottimizzazione delle risorse. Su mobile, il numero medio di richieste HTTP è diminuito da **73,3** a **24,9** (**-66%**), rappresentando un miglioramento significativo dell'efficienza di rete. Il peso totale delle pagine è stato ridotto da **0,80 MB** a **0,66 MB** (**-17,5%**). Su desktop, le richieste sono diminuite da **78,1** a **36,8** (**-53%**) e il peso è passato da **0,86 MB** a **0,73 MB** (**-15,1%**).

L'analisi tramite *Ecograder* ha evidenziato miglioramenti significativi nell'**impatto ambientale** della piattaforma e-commerce PrestaShop. Le emissioni di CO₂ per visita sono diminuite da **0,34g** a **0,29g**, registrando una riduzione del **14,7%**. Il **peso medio delle pagine** misurato da *Ecograder* è stato ridotto da **0,88 MB** a **0,75 MB** (**-14,8%**), con un risparmio netto di **0,13 MB** per pagina caricata. Sebbene i valori di peso delle pagine rilevati da *Ecograder* differiscano da quelli di *Yellow Lab Tools*, entrambi gli strumenti confermano un trend positivo di ottimizzazione delle risorse.

Questi miglioramenti rappresentano un risultato significativo dal punto di vista della **sostenibilità ambientale**, in quanto la riduzione del traffico dati e della complessità delle comunicazioni client-server si traduce direttamente in minori consumi energetici per la trasmissione e l'elaborazione delle informazioni. Le pagine più complesse della piattaforma, inizialmente caratterizzate da un maggiore numero di richieste e peso superiore, hanno beneficiato delle riduzioni più marcate, raggiungendo valori in linea con la media del sito ottimizzato e contribuendo a un'esperienza utente più uniforme dal punto di vista prestazionale e ambientale.

4.1.3 Confronto cross-platform

L'analisi comparativa evidenzia pattern interessanti nella risposta delle due piattaforme alle ottimizzazioni implementate. WordPress ha mostrato margi-

ni di miglioramento maggiori, particolarmente dovuti alle criticità più marcate nella baseline iniziale. PrestaShop, partendo da una situazione già più ottimizzata, ha comunque registrato miglioramenti significativi attraverso ottimizzazioni mirate.

Come illustrato nella Tabella 4.1, il confronto dei miglioramenti percentuali tra le due piattaforme rivela differenze sostanziali negli effetti delle ottimizzazioni applicate.

Tabella 4.1: Confronto miglioramenti percentuali tra WordPress e PrestaShop

Metrica	WordPress	PrestaShop	Gap
Performance Mobile	+13%	+14,1%	-1,1pp
Performance Desktop	+14,6%	+0,1%	14,5pp
Emissioni CO ₂	-41,9%	-14,7%	27,2pp
Peso pagine	-38,7%	-14,8%	23,9pp
FCP Mobile	-35,2%	+10,4%	-45,6pp
LCP Mobile	-42,3%	-2,8%	39,5pp

Il gap maggiore si osserva nelle metriche temporali mobile, dove WordPress ha beneficiato di riduzioni drastiche nei tempi di caricamento, mentre PrestaShop presenta un incremento del FCP che, pur rappresentando un peggioramento, rimane in valori complessivamente accettabili. Questo risultato conferma l'importanza di un approccio sistematico alle ottimizzazioni web, particolarmente critico per piattaforme che partono da situazioni prestazionali compromesse.

4.2 Analisi dell'impatto sulla sostenibilità ambientale

L'analisi dell'impatto ambientale fornisce una quantificazione diretta dei benefici ecologici ottenuti attraverso le ottimizzazioni tecniche implementate. Lo studio si concentra sulla misurazione delle emissioni di CO₂ e sul peso delle risorse trasferite, utilizzando metodologie consolidate per la valutazione dell'impronta carbonica digitale.

4.2.1 Riduzione emissioni CO₂

I risultati documentano riduzioni significative nelle emissioni di CO₂ associate alla fruizione delle piattaforme web.

Il sito aziendale WordPress ha registrato una riduzione media del **41,9%** nelle emissioni di CO₂, passando da **1,48g** a **0,86g** per visita. Considerando un traffico mensile stimato di 1.500 visite per un sito vetrina aziendale, questo si traduce in un risparmio di **0,93 kg** di CO₂ al mese, equivalente a **11,16 kg** annuali.

La piattaforma e-commerce PrestaShop ha mostrato una riduzione del **14,7%**, da **0,34g** a **0,29g** per visita. Per una piattaforma e-commerce con 3.000 visite mensili, il risparmio ammonta a **0,15 kg** di CO₂ al mese, pari a **1,8 kg** annuali.

4.2.1.1 Proiezione dell'impatto per il portafoglio clienti

L'applicazione di queste ottimizzazioni alle piattaforme e-commerce sviluppate da VisioneImpresa per i propri clienti potrebbe generare benefici ambientali cumulativi. Considerando un portafoglio di 30 piattaforme e-commerce simili a PrestaShop con caratteristiche di traffico analoghe, il risparmio annuale stimato si attesterebbe intorno a **54 kg** di CO₂, equivalente alle emissioni prodotte da un'automobile media in circa 230 km di percorrenza.

4.2.2 Ottimizzazione del peso delle pagine

La riduzione del peso delle pagine rappresenta il driver principale dei miglioramenti ambientali ottenuti, con meccanismi di ottimizzazione differenziati per le due piattaforme.

4.2.2.1 WordPress: riduzione sistematica

L'ottimizzazione delle immagini attraverso conversione WebP e compressione ha generato una riduzione media del **48%** nel peso delle pagine mobile (da **2,41 MB** a **1,25 MB**). Su desktop, il peso è diminuito del **44%** (da **2,94 MB** a **1,64 MB**). La gestione selettiva delle risorse CSS/JavaScript tramite Asset

CleanUp ha contribuito significativamente a questa riduzione, eliminando risorse non necessarie e ottimizzando il caricamento delle rimanenti.

Il numero di richieste HTTP è stato ridotto del **15%** su mobile (da **58,2** a **49,4**) e del **10%** su desktop (da **67** a **60,2**).

4.2.2.2 PrestaShop: ottimizzazioni mirate

La conversione WebP combinata con l'attivazione dei sistemi di cache CCC ha generato una riduzione del **17,5%** nel peso delle pagine mobile (da **0,80 MB** a **0,66 MB**) e del **15,1%** su desktop (da **0,86 MB** a **0,73 MB**). Le ottimizzazioni hanno dimostrato particolare efficacia nella riduzione del numero di richieste HTTP: **-66%** su mobile (da **73,3** a **24,9**) e **-53%** su desktop (da **78,1** a **36,8**) attraverso la combinazione delle risorse statiche e la compressione Gzip.

4.2.3 Efficienza energetica complessiva

L'efficienza energetica delle piattaforme ottimizzate è migliorata attraverso diversi meccanismi complementari. La riduzione dei tempi di caricamento diminuisce il tempo di attività dei processori dei dispositivi client, mentre la diminuzione delle richieste HTTP riduce il carico sui server di hosting.

L'eliminazione delle dipendenze esterne contribuisce all'efficienza energetica riducendo il numero di connessioni TCP necessarie e eliminando potenziali timeout che comporterebbero ritrasmissioni di dati. Il lazy loading implementato su entrambe le piattaforme riduce il carico energetico iniziale, posticipando il download delle risorse non immediatamente necessarie e permettendo agli utenti di consumare solo il contenuto effettivamente visualizzato.

4.3 Valutazione delle performance web

L'analisi delle **performance web** costituisce il fondamento tecnico per comprendere l'efficacia delle ottimizzazioni implementate. La valutazione si basa su metriche standardizzate che riflettono direttamente l'esperienza utente percepita

e forniscono indicatori oggettivi per il monitoraggio continuo delle piattaforme ottimizzate.

4.3.1 Miglioramenti Core Web Vitals

L'analisi dei risultati evidenzia dei pattern differenti tra le due piattaforme. *WordPress* ha beneficiato di miglioramenti significativi su tutte le metriche **Core Web Vitals**, con riduzioni particolarmente marcate del **Largest Contentful Paint** e del **Total Blocking Time** che avvicinano la piattaforma verso standard prestazionali più accettabili.

PrestaShop ha mostrato un profilo di miglioramento più selettivo, con eccellenti risultati nella stabilità visiva attraverso la drastica riduzione del **Cumulative Layout Shift**, attribuibile principalmente all'implementazione del *lazy loading* per le immagini.

Questa ottimizzazione ha risolto le problematiche di spostamento del layout durante il caricamento che caratterizzavano la piattaforma e-commerce. Il **Total Blocking Time** ha registrato un lieve incremento su *PrestaShop*, indicando un trade-off accettabile tra stabilità visiva e reattività immediata che mantiene comunque valori complessivamente nella norma per piattaforme di questa complessità.

4.3.2 Impatto su mobile vs desktop

L'analisi comparativa tra mobile e desktop evidenzia che le ottimizzazioni hanno beneficiato maggiormente i dispositivi mobili per *WordPress*, mentre *PrestaShop* ha mostrato miglioramenti più bilanciati.

4.3.2.1 Gap prestazionale

Il gap prestazionale tra mobile e desktop si è ridotto significativamente su *WordPress*, passando da **30,5 punti** PageSpeed (**52,5** mobile vs **83** desktop) a **35,9 punti** (**59,3** mobile vs **95,2** desktop). Su *PrestaShop* il gap si è mantenuto pressoché stabile, passando da **38,1 punti** a **30,2 punti**.

4.3.2 Specificità delle ottimizzazioni

Le ottimizzazioni hanno dimostrato particolare efficacia nelle condizioni di connettività limitata tipiche dei dispositivi mobili. WordPress ha beneficiato maggiormente di queste condizioni grazie ai miglioramenti drastici nei tempi di caricamento, mentre PrestaShop ha mostrato risultati più equilibrati tra le due tipologie di dispositivo.

4.3.3 Valutazione dei benefici rispetto ai costi delle ottimizzazioni implementate

La valutazione del ritorno dell'investimento deve considerare sia i benefici quantitativi che quelli qualitativi delle ottimizzazioni implementate.

4.3.3.1 Benefici diretti

I **benefici diretti** includono la riduzione dei costi di banda, il miglioramento del **posizionamento SEO** dovuto a performance superiori, e la potenziale **riduzione del tasso di abbandono** dovuto a tempi di caricamento più rapidi.

Per un sito e-commerce come PrestaShop, una riduzione del tasso di abbandono dovuto a performance migliori potrebbe tradursi in aumenti significativi delle conversioni e del fatturato.

4.3.3.2 Benefici indiretti

I **benefici indiretti** comprendono il miglioramento dell'**immagine aziendale** attraverso l'impegno verso la sostenibilità, la riduzione del **carico sui server di hosting** e la creazione di **competenze interne** riutilizzabili su progetti futuri.

L'esperienza acquisita durante questo progetto costituisce un asset strategico per VisioneImpresa, permettendo di offrire servizi di ottimizzazione sostenibile come parte integrante dell'offerta commerciale.

4.4 Considerazioni critiche e limitazioni

L'interpretazione dei risultati ottenuti richiede una valutazione critica delle metodologie adoperate e dei limiti intrinseci dell'approccio di ricerca. Questa sezione analizza i fattori che potrebbero influenzare la generalizzabilità dei risultati e identifica le aree che richiederebbero approfondimenti futuri per una valutazione più completa dell'impatto delle ottimizzazioni di sostenibilità web.

4.4.1 Variabilità delle misurazioni

Le metriche di **performance web** sono soggette a variabilità dovuta a fattori esterni come la congestione della rete, il carico del server, e le condizioni del dispositivo di test. È importante considerare che i miglioramenti documentati rappresentano *trend* consistenti rilevati al momento della misurazione piuttosto che valori assoluti invariabili, e potrebbero essere influenzati dalle specifiche condizioni di rete e sistema presenti durante i test.

4.4.2 Limitazioni dell'approccio

L'approccio di ottimizzazione adottato si è concentrato su aspetti tecnici misurabili, non considerando fattori più complessi come l'impatto delle scelte di hosting, l'efficienza energetica dei *data center* utilizzati, o le emissioni associate alla produzione dei dispositivi utente.

Una valutazione completa dell'impatto ambientale richiederebbe un approccio **lifecycle assessment** che esula dagli obiettivi di questo progetto di tirocinio.

4.4.3 Specificità dei casi studio

I risultati ottenuti sono specifici per le piattaforme e i contenuti analizzati. La replicabilità dei miglioramenti su siti con caratteristiche diverse (ad esempio, siti con maggiore contenuto multimediale o funzionalità *JavaScript* complesse) potrebbe variare significativamente.

4.4.4 Maintenance overhead

Le ottimizzazioni implementate introducono un *overhead* di manutenzione che deve essere considerato nella valutazione a lungo termine. Gli script personalizzati sviluppati per *PrestaShop* richiedono monitoring periodico, mentre le configurazioni *WordPress* necessitano di attenzione durante gli aggiornamenti di plugin e tema.

Glossario

alpha channel In computer grafica, il canale alfa di un'immagine è un canale addizionale rispetto a quelli di colore che definisce il grado di trasparenza di ciascun pixel. Un valore alfa maggiore indica maggiore opacità, mentre valori minori rappresentano maggiore trasparenza. [43](#)

CMS Content Management System. Sistema software che consente la creazione, modifica e gestione dei contenuti di un sito web attraverso un'interfaccia user-friendly, senza richiedere conoscenze di programmazione avanzate. [6](#)

ERP Enterprise Resource Planning. Sistema informatico integrato che gestisce tutti i processi aziendali principali, dalla contabilità alla gestione delle risorse umane, dalla logistica alla produzione, attraverso un database centralizzato. [1](#)

ICT Tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Acronimo per Information and Communication Technology, ovvero il settore delle tecnologie informatiche e delle telecomunicazioni che comprende hardware, software, servizi e infrastrutture per l'elaborazione e la trasmissione di dati. [13](#)

iframe Elemento HTML che consente di incorporare un documento HTML all'interno di un altro documento HTML, creando una finestra che visualizza contenuti da una fonte esterna. [9](#)

piattaforma e-commerce Sistema software che consente la creazione e gestione di negozi online, fornendo funzionalità per catalogo prodotti, carrello, pagamenti, gestione ordini e spedizioni. [5](#)

PMI Piccole e Medie Imprese. Categoria di imprese definita in base a parametri dimensionali specifici: micro imprese (fino a 9 dipendenti), piccole imprese (10-49 dipendenti) e medie imprese (50-249 dipendenti), con fatturato e bilancio entro soglie prestabilite. [2](#)

PrestaShop Piattaforma e-commerce open source scritta in PHP che permette di creare e gestire negozi online con funzionalità complete per il commercio elettronico. [6](#)

SEO Search Engine Optimization. Insieme di strategie e tecniche volte a migliorare la visibilità di un sito web nei risultati organici dei motori di ricerca. [9](#)

sistemi gestionali Software applicativi che automatizzano e integrano i processi operativi di un'azienda, dalla gestione amministrativa e contabile alla logistica, vendite e produzione. [4](#)

società benefit Forma giuridica di impresa introdotta in Italia nel 2016 che persegue, oltre al profitto, finalità di beneficio comune operando in modo responsabile, sostenibile e trasparente nei confronti di persone, comunità, territori e ambiente. [1](#)

software house Azienda specializzata nello sviluppo, progettazione e commercializzazione di software personalizzati o prodotti software standardizzati per clienti business o consumer. [1](#)

tema figlio Tema che eredita funzionalità e stili da un tema genitore, permettendo personalizzazioni senza perdere gli aggiornamenti del tema principale. [8](#)

WordPress Content Management System (CMS) open source basato su PHP e MySQL, inizialmente progettato per la creazione di blog ma evolutosi in una piattaforma per siti web di ogni tipo. [6](#)

Bibliografia

Articoli e report tecnici

«ICT sector electricity consumption and greenhouse gas emissions – 2020 outcome». In: *Energy Policy* (2024). DOI: [10.1016/j.enpol.2023.113124](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113124). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308596123002124>.

U.S. Energy Information Administration. *International Energy Outlook 2023 - Executive Summary*. Technical Report. Washington, DC: U.S. Department of Energy, 2023. URL: https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/exec_summ.pdf.

Sitografia

- Commissione Europea. *Definizione di PMI*. URL: https://ec.europa.eu/growth/smes/sme-definition_it (visitato il giorno 18/07/2025).
- Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana. *Legge 28 dicembre 2015, n. 208 - Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge di stabilità 2016)*. URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/12/30/15G00222/sg> (visitato il giorno 18/07/2025).
- Google Developers. *Core Web Vitals*. URL: <https://web.dev/vitals/> (visitato il giorno 21/07/2025).
- *Cumulative Layout Shift (CLS)*. URL: <https://web.dev/cls/> (visitato il giorno 21/07/2025).
 - *First Contentful Paint (FCP)*. URL: <https://web.dev/fcp/> (visitato il giorno 21/07/2025).
 - *First Input Delay (FID)*. URL: <https://web.dev/fid/> (visitato il giorno 21/07/2025).
 - *Largest Contentful Paint (LCP)*. URL: <https://web.dev/lcp/> (visitato il giorno 21/07/2025).
 - *Total Blocking Time (TBT)*. URL: <https://web.dev/tbt/> (visitato il giorno 21/07/2025).
- Moz. *The Beginner's Guide to SEO*. URL: <https://moz.com/beginners-guide-to-seo> (visitato il giorno 29/07/2025).

Mozilla Developer Network. *What is a CMS?* URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/CMS> (visitato il giorno 30/07/2025).

PrestaShop SA. *PrestaShop Documentation*. URL: <https://devdocs.prestashop.com/> (visitato il giorno 23/07/2025).

Search Engine Land. *What is SEO? Search Engine Optimization Explained*. URL: <https://searchengineland.com/guide/what-is-seo> (visitato il giorno 30/07/2025).

VSH. *VSH - Software House*. URL: <https://vsh.it> (visitato il giorno 18/07/2025).

Wikipedia contributors. *Alpha channel*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Alpha_compositing#Alpha_channel (visitato il giorno 25/08/2025).

WordPress Foundation. *Child Themes*. URL: <https://developer.wordpress.org/themes/advanced-topics/child-themes/> (visitato il giorno 23/07/2025).

— *WordPress Documentation*. URL: <https://wordpress.org/documentation/> (visitato il giorno 23/07/2025).

World Wide Web Consortium (W3C). *HTML Standard - The iframe element*. URL: <https://html.spec.whatwg.org/multipage/iframe-embed-object.html> (visitato il giorno 18/07/2025).