**1. Background teorico e stato dell’arte**  
1.1 Autonomous Surface Vehicles: sfide e applicazioni  
1.2 Stima dell’assetto: rollio, beccheggio, imbardata  
1.3 Visione artificiale per la localizzazione e l’assetto  
1.3.1 Stereo vision  
1.3.2 Fiducial markers e ArUco tags  
1.4 Sensor fusion e approcci bayesiani  
1.4.1 Il filtro di Kalman  
1.4.2 Extended Kalman Filter (cenni teorici)

**2. Stima dell’assetto con Computer Vision**  
2.1 Hardware di visione e setup sperimentale  
2.2 Calibrazione delle telecamere stereo  
2.3 Rilevamento e tracking degli ArUco markers  
2.4 Algoritmi di stima della posa (PnP, triangolazione, ecc.)  
2.5 Risultati preliminari con la sola CV  
2.6 Limiti e criticità del metodo visuale

**3. Stima dell’assetto con IMU**  
3.1 Descrizione dell’IMU installata sulla Blue Boat  
3.2 Modello matematico del sensore  
3.3 Stima dell’assetto basata solo su IMU  
3.4 Errori tipici della misura inerziale  
3.5 Analisi comparativa con risultati CV

**4. Sensor Fusion con Extended Kalman Filter**  
4.1 Richiamo sul funzionamento dell’EKF  
4.2 Definizione dello stato della barca  
4.3 Modello di transizione dinamica  
4.4 Modello di osservazione: inserimento dati IMU e CV  
4.5 Implementazione e tuning del filtro  
4.6 Risultati della fusione sensoriale  
4.7 Confronto tra prestazioni: IMU vs CV vs EKF

**5. Applicazione al sistema Blue Boat autonomo**  
5.1 Architettura generale del progetto Blue Boat  
5.2 Integrazione del sistema di stima all’interno del software di bordo  
5.3 Applicazioni alla fase di navigazione autonoma  
5.4 Applicazioni alla manovra di attracco autonomo  
5.5 Validazione in test reali o simulati  
5.6 Discussione dei risultati ottenuti

**6. Conclusioni e sviluppi futuri**  
6.1 Sintesi dei risultati principali  
6.2 Contributi del lavoro svolto  
6.3 Limiti della soluzione implementata  
6.4 Possibili sviluppi e miglioramenti futuri

**Appendici**  
A. Parametri di calibrazione della stereo camera  
B. Parametri utilizzati per EKF  
C. Estratti di codice / pseudocodice implementato

**Bibliografia**

**Struttura proposta tesi (max ~50 pagine)**

**0. Frontespizio, sommario, introduzione generale (2–3 pagine)**

* Introduzione al contesto (autonomous surface vehicles, importanza di guida autonoma, impiego della CV e sensor fusion).
* Obiettivi specifici del tuo lavoro.
* Struttura della tesi.

**1. Background teorico e stato dell’arte (6–7 pagine)**

1.1 Autonomous Surface Vehicles (breve overview, sfide e applicazioni).  
1.2 Visione artificiale per l’assetto e localizzazione (stereo vision, fiducial markers come ArUco).  
1.3 Sensor fusion e ruolo dei filtri bayesiani (cenni a Kalman e varianti estese).  
1.4 Sistemi di riferimento e definizione degli angoli di assetto (rollio, beccheggio, imbardata).

*(Nota: questo capitolo deve darti il terreno teorico su cui costruiscono i successivi, ma sintetico e focalizzato sul necessario).*

**2. Stima dell’assetto via Computer Vision (stereo + ArUco) (8–10 pagine)**

2.1 Setup sperimentale e hardware di visione (telecamere stereo, parametri, calibrazione camera).  
2.2 Riconoscimento e tracking degli ArUco markers.  
2.3 Algoritmi per la stima della posa (PnP, triangolazione stereo, ecc.).  
2.4 Risultati della sola pipeline CV: accuratezza, limiti, sensibilità a condizioni ambientali.

**3. Stima dell’assetto via sensori inerziali (IMU) (5–6 pagine)**

3.1 Descrizione sensore IMU disponibile sulla Blue Boat (specifiche, rumore, frequenza).  
3.2 Modello matematico dell’IMU e stima dell’assetto grezza.  
3.3 Errori tipici: drift, bias, sensibilità al rumore.

*(Capitolo breve ma serve per giustificare perché la sola IMU non basta e motivare la fusione).*

**4. Sensor Fusion con Extended Kalman Filter (8–9 pagine)**

4.1 Richiamo teorico EKF (solo il necessario: stato, transizione, aggiornamento).  
4.2 Formulazione del modello di stato per la barca (pose, velocità, assetto).  
4.3 Integrazione dati CV + IMU (modellazione e funzioni di osservazione).  
4.4 Implementazione e tuning del filtro.  
4.5 Risultati della fusione: miglioramenti rispetto a singoli sensori.

**5. Applicazione alla Blue Boat autonoma (6–7 pagine)**

5.1 Architettura generale della barca autonoma.  
5.2 Comportamento dell’algoritmo di CV-Fusion in contesto reale.  
5.3 Scenario di docking autonomo e ruolo della stima dell’assetto.  
5.4 Discussione risultati ottenuti su test reali/simulati.

**6. Conclusioni e sviluppi futuri (2–3 pagine)**

* Sintesi dei contributi del lavoro.
* Validazione degli obiettivi prefissati.
* Possibili estensioni (robustezza meteo/mare, alternative a EKF, SLAM marino).

**Appendici e bibliografia**

* Appendice: dettagli tecnici, codice, parametri del filtro.
* Bibliografia essenziale con riferimenti a lavori di CV, marker tracking, sensor fusion applicata a robotica marina.

**Distribuzione pagine (indicativa per restare <50)**

* Introduzione: 2–3
* Background: 6–7
* CV: 8–10
* IMU: 5–6
* EKF: 8–9
* Applicazione: 6–7
* Conclusioni: 2–3  
  Totale: ~45–48 pagine