



*Università degli Studi di Napoli “Parthenope”
Dipartimento di Scienze e Tecnologie*

*Corso di Cartografia Numerica e GIS
Corso di Sistemi Informativi Geografici + Laboratorio GIS*

Lezione 20

I Sistemi Informativi di ausilio alla navigazione basati sull’impiego di cartografia numerica

Claudio Parente

Cartografia nautica in formato digitale

Attualmente sono disponibili sul mercato diversi tipi di carte nautiche digitali, raster e vettoriali, presentanti dettagli di informazione diversificati.

Alcune case produttrici hanno realizzato propri portfolios cartografici, a piccola scala e a copertura mondiale, disponibili su CD Rom.

Cartografia nautica in formato digitale

La produzione della cartografia nautica è regolamentata a monte da standard definiti da due organizzazioni: ***IMO (International Maritime Organization)*** e ***IHO (International Hydrographic Organization)***.

IMO è una organizzazione autonoma delle Nazioni Unite incaricata di sviluppare i principi e le tecniche della navigazione marittima internazionale al fine di promuovere la progettazione e lo sviluppo del trasporto marittimo internazionale rendendolo più sicuro ed ordinato.

Cartografia nautica in formato digitale

IHO è un organismo intergovernativo consultivo e tecnico, creato da una convenzione firmata a Monaco nel 1967 ed entrata in vigore nel 1970.

Si occupa di idrografia, cioè dello studio delle acque del globo, specialmente a fini di descrizione tecnica-scientifica e di rappresentazione cartografica.

Cartografia nautica in formato digitale

Qualora rispondenti a prefissati standard dell'IHO e dell'IMO, la cartografia nautica assume la denominazione di:

- **RNC** (***Raster Nautical Chart***) se in formato raster;
- **ENC** (***Electronic Navigational Chart***) se in formato vettoriale.

Raster Nautical Chart (RNC)

Con la denominazione **Raster Nautical Chart (RNC)** viene indicata una carta nautica in formato raster prodotta dall'ente governativo di competenza (di solito è l'Ufficio Idrografico nazionale) o comunque su autorizzazione di questi. Si tratta in definitiva della “fotocopia digitale” di una carta nautica ufficiale.

Nel documento *IHO Special Publication S-61* (noto semplicemente come **IHO S-61**) del 1999 si demanda alle singole autorità nazionali il compito di definire il formato sia dei file immagine sia dei metadata. In particolare si fa obbligo di includere nel file prodotto alcune informazioni basilari tra cui:

Raster Nautical Chart (RNC)

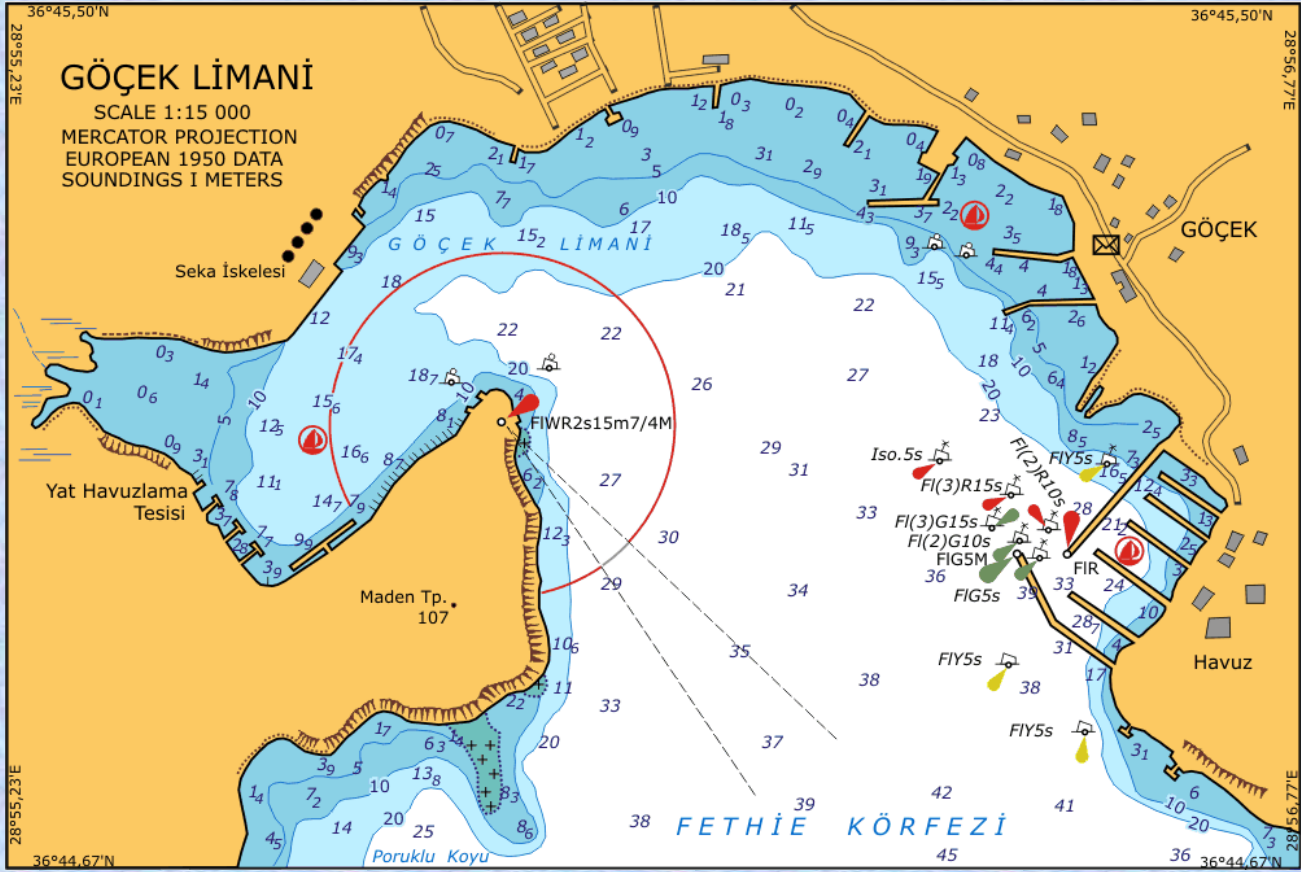
- ☐ ente produttore della carta;
- ☐ numero identificativo della carta;
- ☐ data di produzione della carta;
- ☐ data di produzione del formato raster;
- ☐ scala della carta;
- ☐ orientamento;
- ☐ sistema di coordinate;
- ☐ unità di misura delle profondità;
- ☐ risoluzione dell'immagine (in numero di pixel per millimetro o numero di pixel per pollice, dpi).

Raster Nautical Chart (RNC)

Nel documento si stabilisce altresì che pure l'aggiornamento della carta sia corredato da metadata, ovvero che siano forniti, tra altri, i seguenti dati:

- ☐ ente produttore dell'aggiornamento;
- ☐ data di aggiornamento;
- ☐ carta cui si riferisce l'aggiornamento;
- ☐ indicazioni sulle modalità per l'inserimento in automatico dell'aggiornamento.

Esempio di RNC



Electronic Navigational Chart (ENC)

In base al documento *IMO Resolution A817 (19) - Performance standards for ECDIS* del 1995, si definisce **Electronic Navigational Chart (ENC)** o **carta elettronica** un database vettoriale prodotto da un ufficio idrografico nazionale (o comunque su autorizzazione di questi) nel rispetto di determinati standard concernenti i contenuti, la struttura ed il formato.

Il documento ufficiale *IHO Special Publication S-52* (noto semplicemente come **IHO S-52**) stabilisce quali debbano essere i contenuti delle carte elettroniche, indica le modalità delle operazioni di aggiornamento, definisce i colori e i simboli da utilizzare, specifica il significato di alcuni termini tecnici. La 4a edizione di tale pubblicazione risale al dicembre 1996.

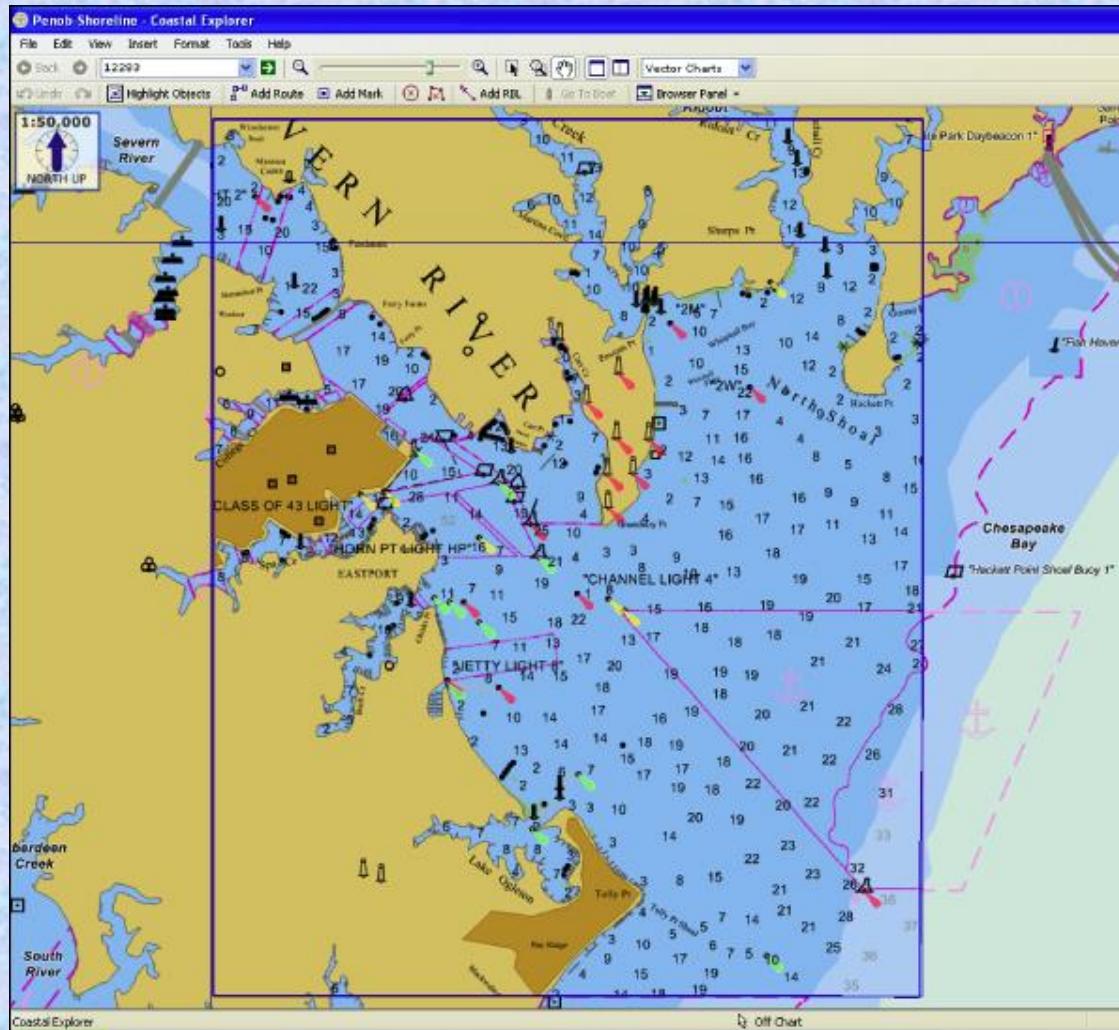
Electronic Navigational Chart (ENC)

Nel documento ufficiale *IHO Special Publication S-57* (**IHO S-57**), adottato nel corso della *XIV International Hydrographic Conference* tenuta a Monaco dal 14 al 15 maggio 1992, si definisce un modello per i dati ed un catalogo degli oggetti ricorrenti in una ENC.

Per i dati idrografici viene sancita l'obbligatorietà del rispetto di quanto prescritto nelle ISO8211 così da garantire che essi, qualunque ne sia la provenienza, siano sempre compatibili con altri e possano essere letti in un qualsiasi sistema. La 3a edizione della IHO S-57 è stata redatta nel novembre 1996.

Il primo formato standard stabilito dall'IHO fu indicato quale **DX90**; attualmente i riferimenti sono **S-57 edition 2** e **S-57 edition 3**.

Esempio di ENC



Computer screen display of an electronic navigational chart in the Chesapeake Bay

Generalità sui sistemi informativi a base cartografica

Le carte nautiche in formato digitale sono utilizzate in diverse tipologie di sistemi di ausilio alla navigazione.

Alcuni di questi consentono di svolgere un numero ridotto di funzioni, quali ad esempio:

la visualizzazione su di un monitor della cartografia unitamente alla posizione della nave,

la traiettoria programmata e quella effettivamente eseguita.

Altri permettono di realizzare operazioni più complesse e talvolta sono interfacciabili ad altri strumenti presenti sulla nave, agevolando in tal modo il monitoraggio del mobile e dell'ambiente circostante.

Generalità sui sistemi informativi a base cartografica

Gli apparati più complessi, qualora consentano di predisporre, gestire, sviluppare e coordinare procedure e strumenti informatici per potenziare e migliorare le informazioni di ausilio alla navigazione, possono essere definiti **sistemi informativi**.

Più in particolare, a causa della presenza del riferimento cartografico e della possibilità di analizzare ed elaborare dati di varia tipologia, essi vengono considerati come particolari **GISs** (*Geographic Information Systems*).

Generalità sui sistemi informativi a base cartografica

Un sistema informativo a base cartografica di ausilio alla navigazione, qualora sia rispondente a specifici requisiti stabiliti dall'IMO e dall'IHO, prende il nome di **ECDIS** (***Electronic Chart Display and Information System***), altrimenti viene denominato **ECS** (***Electronic Charting System***).

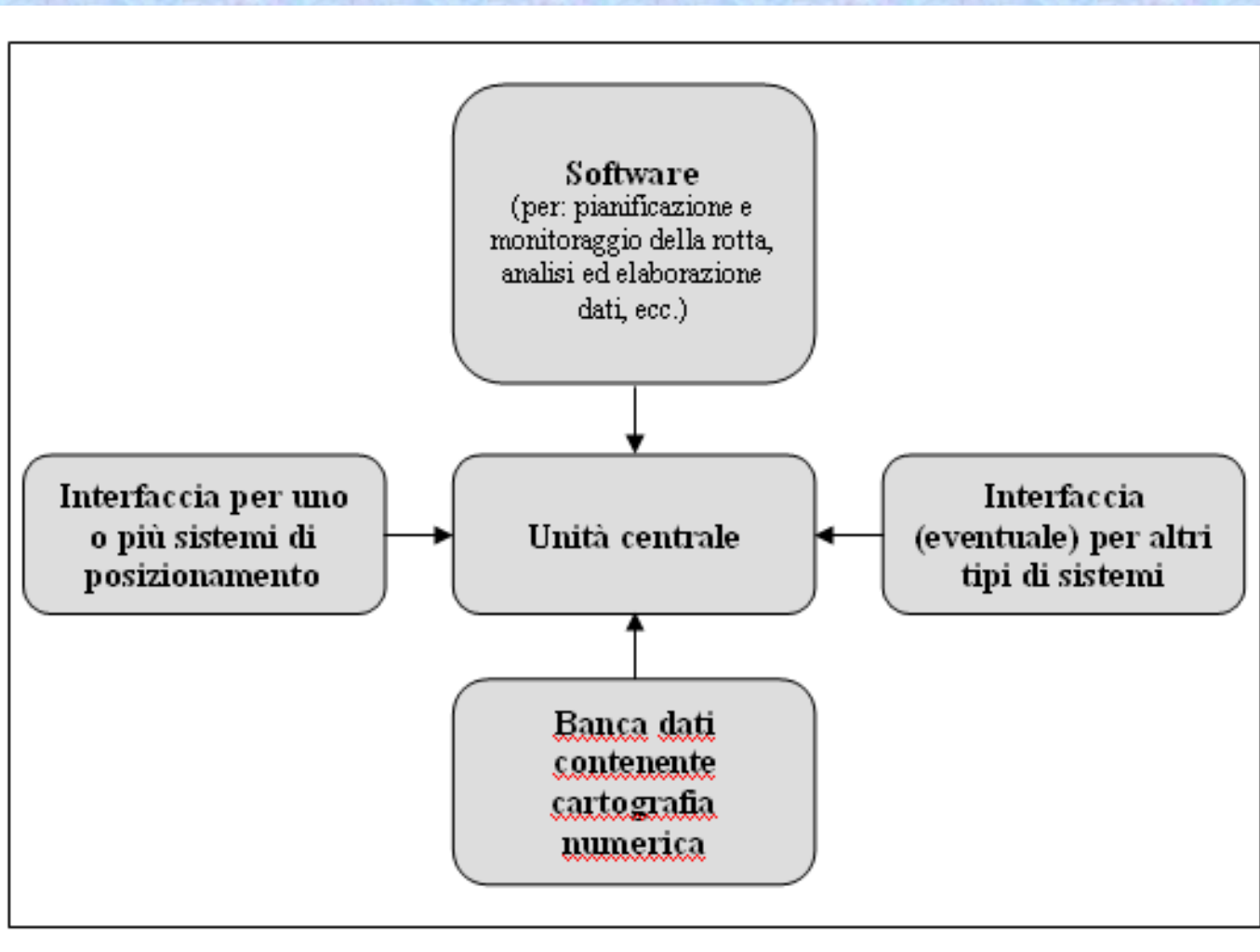
Le componenti fondamentali

Un sistema informativo a base cartografica di ausilio alla navigazione risulta costituito da:

- ☐ una parte hardware (unità centrale);
- ☐ una parte software;
- ☐ una banca dati;
- ☐ un interfacciamento con almeno un sistema di posizionamento;
- ☐ eventuali interfacciamenti con altri tipi di sistemi presenti a bordo (radar, ecoscandaglio, ecc.).

È richiesta la presenza di un operatore esperto in grado di attivare e gestire il sistema.

Le componenti fondamentali



L'organizzazione dei dati

I dati inseriti nel sistema possono essere distinti in:

- ❑ dati spaziali (cartografici);
- ❑ dati non spaziali (alfanumerici o iconografici).

I ***dati spaziali*** riguardano direttamente la configurazione dei luoghi (linea di costa, batimetria, ecc.) e permettono di realizzare un modello rappresentativo (bidimensionale o tridimensionale) della realtà. Tali dati vengono strutturati secondo gli schemi della cartografia numerica, ovvero in formato raster e/o vettoriale. Essi consentono di costruire l'*archivio spaziale* o *geometrico* del sistema.

L'organizzazione dei dati

I ***dati non spaziali*** sono costituiti da dati alfanumerici o anche iconografici (di tipo non prettamente cartografico) che vengono associati agli elementi dell'archivio spaziale. La Transas (<http://www.transas.com>), ad esempio, fornisce, unitamente alle componenti software per sistema informativi di ausilio alla navigazione, una banca dati, concernente svariate aree geografiche del mondo, riguardante:

- porti;
- correnti marine;
- maree;
- venti prevalenti.

L'organizzazione dei dati

La gestione dei dati può avvenire attraverso diverse modalità procedurali. In particolare nei sistemi informativi di ausilio alla navigazione (si riscontrano 2 tipi fondamentali di **Data Base Management System (DBMS)**):

- ☐ relazionale
- ☐ a oggetti

ECDIS

L'ECDIS (*Electronic Chart Display and Information System*) costituisce il più complesso dei sistemi informativi a base cartografica utilizzato in navigazione.

ECDIS

In base al punto 2.1 della risoluzione *IMO A817 (19)*, la denominazione ECDIS sta ad indicare

“un sistema informativo per la navigazione che con adeguate strumentazioni possa essere considerato in grado di adempiere all’obbligo di avere carte aggiornate a bordo, come richiesto dalla regola V/20 della *SOLAS (Safety Of Life At Sea) Convention* del 1974, visualizzando l’informazione selezionata in un database di carte elettroniche (**SENC, System Electronic Navigational Chart**) unitamente alla posizione fornita da appositi sensori così da assistere il navigante nella fase di pianificazione e monitoraggio della rotta, eventualmente aggiungendo su richiesta altre tipologie di dati”.

ECDIS

Dalle indicazioni fornite dai documenti dell'IMO e dell'IHO, si deduce che un ECDIS deve essere in grado di assicurare lo svolgimento di alcune funzioni di base così riassumibili:

- ❑ consultazione, visualizzazione ed interrogazione di carte digitali (standardizzate) in formato vettoriale, grafici, didascalie e documenti testuali contenuti in un data base;

- ❑ modifica, aggiornamento ed integrazione del database;

ECDIS

- ❑ collegamento con uno o più sistemi di posizionamento;
- ❑ visualizzazione, sul supporto cartografico, della posizione della nave, della rotta programmata, della rotta effettivamente seguita;
- ❑ eventuale possibilità di interfacciamento con altre tipologie di sensori presenti a bordo per il monitoraggio della nave e dell'ambiente circostante (ecoscandagli, radar, ecc.);
- ❑ eventuale indicazione visiva delle condizioni di altri sistemi presente a bordo;
- ❑ segnalazione visiva o acustica o acustico/visiva per allertare il navigante in caso di rischio.

ECDIS

La segnalazione acustica o acustico-visiva (alarm) deve scattare allorquando si verifica una particolare situazione quale:

- ☐ superamento di limiti imposti alle rotte di navigazione;
- ☐ superamento di limiti di sicurezza;
- ☐ allontanamento dalla rotta prefissata;
- ☐ avvicinamento a punti critici;
- ☐ riscontro di differenti datum geodetici.

ECDIS

La segnalazione può essere anche solo visiva (*indicator*) per talune condizioni quali:

- ☐ funzionamento limitato o inadeguato dell'ECDIS;
- ☐ accesso a informazioni cartografiche a scala superiore a quella consentita;
- ☐ attraversamento di limiti di sicurezza in fase di pianificazione della rotta;
- ☐ attraversamento di aree speciali in fase di pianificazione della rotta;
- ☐ non funzionamento del sistema di posizionamento;
- ☐ perdita dell'indicazione della posizione.

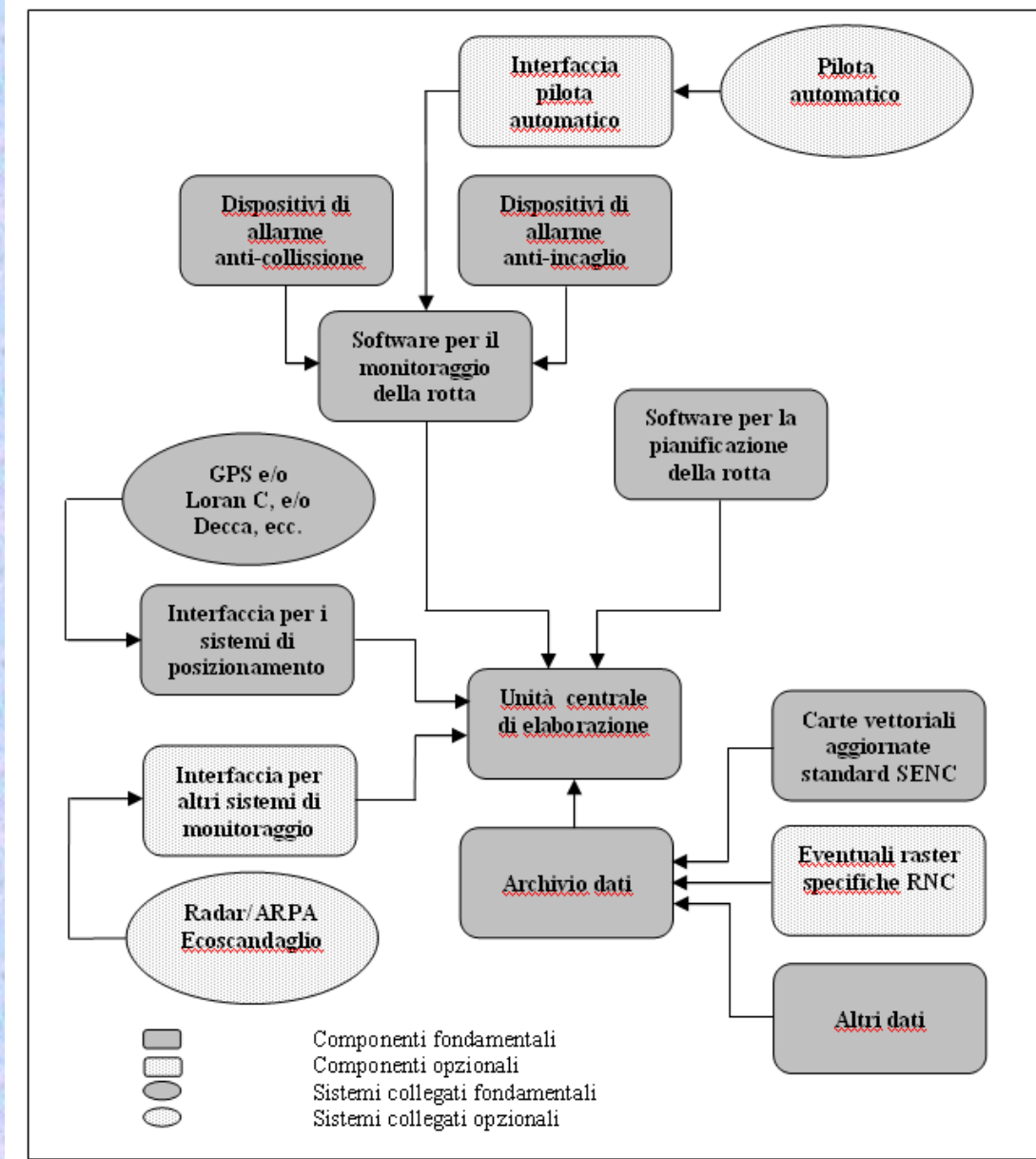
ECDIS

Sul display di un ECDIS vengono visualizzate diverse grandezze e relative unità di misura, tra cui:

- ❑ latitudine e longitudine relative alla posizione espresse in gradi, primi e secondi nel sistema WGS 84;
- ❑ profondità in metri o decimetri;
- ❑ distanza espressa in miglia nautiche o metri;
- ❑ velocità espressa in nodi.



Esempio di installazione ECDIS in una consolle a bordo di una nave (fonte: Australian Hydrographic Office,)



Schema generale relativo a componenti e collegamenti in un ECDIS

ECDIS

Un ECDIS deve essere inoltre in grado di assicurare alcune possibilità di elaborazione dei dati quali:

- ☐ calcolo delle coordinate geografiche;
- ☐ trasformazione dal datum locale al WGS 84;
- ☐ calcolo della distanza e dell'azimuth tra due posizioni geografiche;
- ☐ calcolo della posizione geografica da una posizione nota, sapendo la distanza e l'azimuth.

ECDIS

L'integrazione di più sistemi di posizionamento (GPS, Loran C, DECCA, ecc.) rende possibile la continuità dell'informazione circa la localizzazione del mobile, anche nell'eventualità di un mancato funzionamento di un tipo di sensore.

Al momento si utilizzano per lo più 2 sistemi di tipo GPS (o GNSS).

Pianificazione e controllo della rotta

Il tracciato di una rotta in un ECDIS avviene in formato vettoriale utilizzando punti e linee. Più specificamente gli elementi base vengono denominati:

punti di rotta (waypoints);
tratti di rotta (legs).

Questi ultimi costituiscono il collegamento tra due waypoints: mentre i legs sono sempre delimitati da due waypoints, un waypoint può essere collegato a più di un legs. In fase di pianificazione, infatti, possono essere individuati più percorsi alternativi, selezionando poi la rotta che si intende seguire realmente.

Pianificazione e controllo della rotta

A completamento della fase di progettazione, è necessario effettuare dei test di verifica di sicurezza, accertando, ad esempio, che:

- ❑ la rotta non causerà l'incaglio della nave (contatto tra la chiglia dell'imbarcazione e il fondale);
- ❑ la rotta non causerà la collisione della nave con corpi fissi o galleggianti.

Pianificazione e controllo della rotta

Questi parametri rappresentano dei requisiti fondamentali di sicurezza. Per attivare tale procedura occorre che siano registrati i seguenti valori connessi alle dimensioni della nave:

- ☐ profondità di sicurezza;
- ☐ distanza di sicurezza.

I controlli devono essere effettuati prima ancora che la nave cominci il suo viaggio: se si riscontra una violazione dei suddetti parametri, è necessario evidenziare il motivo di tale violazione, controllare e correggere l'itinerario progettato.

Pianificazione e controllo della rotta

Durante il viaggio è richiesto il monitoraggio della traiettoria seguita rispetto alla rotta prevista ed ai pericoli circostanti.

Contro il rischio di incaglio, è istituito un sistema di allarme che permette di “prevedere” la posizione del mobile negli istanti successivi. Non è una vera e propria simulazione, ma semplicemente l’extrapolazione dei parametri reali del movimento, ed è applicabile a qualsiasi tipo di nave e di qualsiasi dimensione.

Possibilità di impiego del formato raster

A causa della difficoltà di realizzazione di un portfolio completo in formato vettoriale di tutte le carte nautiche, negli anni passati è stato sollevato da più parti il problema di riconsiderare la possibilità di utilizzare file raster in un ECDIS.

La Commissione IMO per la sicurezza in ambito marittimo (MSC, Maritime Safety Committee) l'11 dicembre 1998 ha stabilito che nell'ECDIS possono essere utilizzate carte raster relative ad aree per le quali non ci sia disponibilità di file in formato vettoriale prodotti dai competenti uffici idrografici.

Possibilità di impiego del formato raster

Si è pertanto introdotta la denominazione di RCDS (Raster Chart Display System) per indicare anzitutto un modo operandi dell'ECDIS, che di conseguenza viene definito come un sistema a duplice possibilità di funzionamento (“dual fuelling” o “dual fuell ECDIS”).

Le carte da utilizzarsi sono solo quelle del tipo RNC (vedi par. 1.1.1), ovvero ufficialmente prodotte dagli uffici idrografici o comunque su autorizzazione di essi e rispondenti alle indicazioni fornite dall'IHO nel documento S-61.

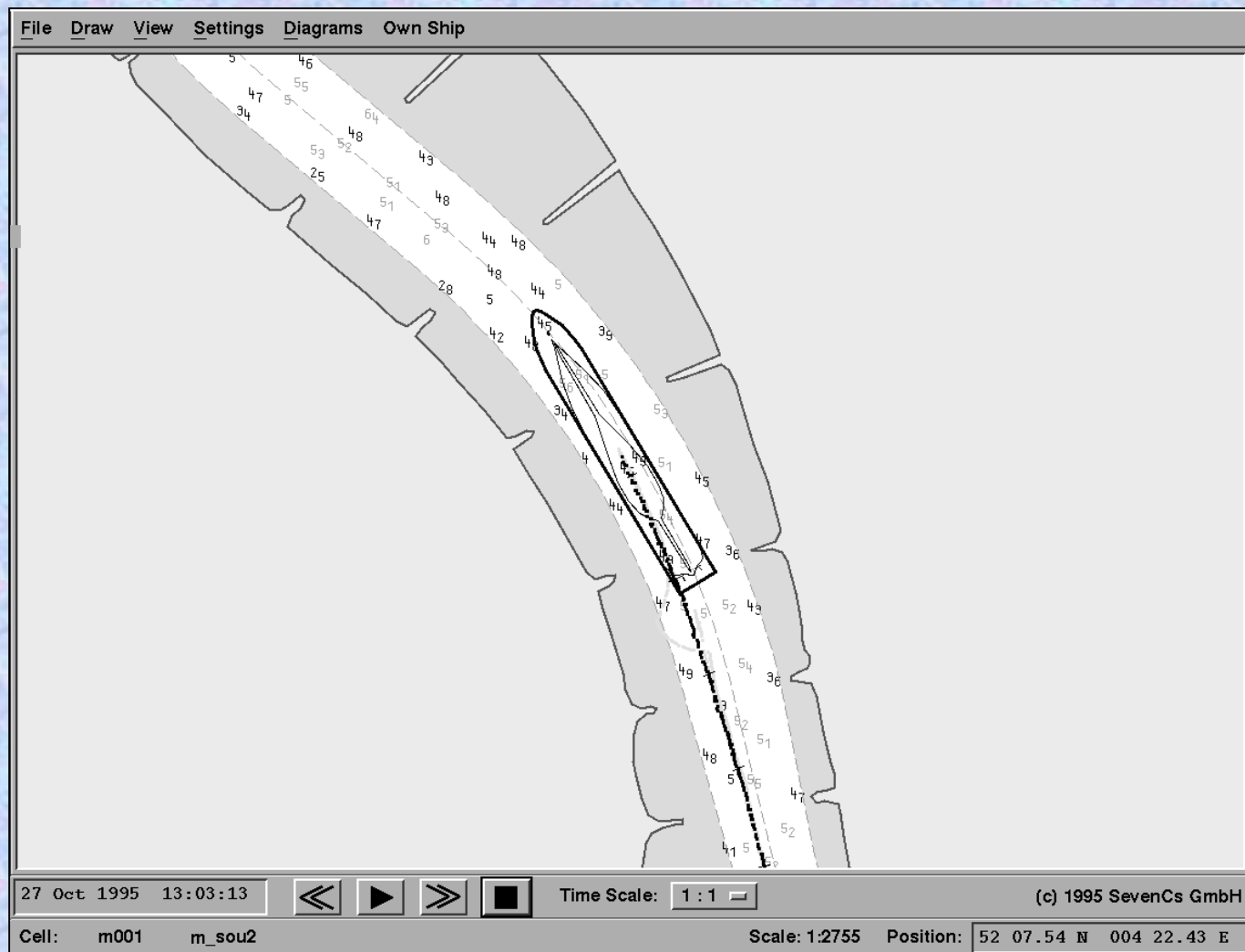
Settori di impiego dell'ECDIS

- ❑ a bordo di diversi tipi di imbarcazioni, specialmente su traghetti che attraversano acque pericolose;
- ❑ da parte delle ditte costruttrici che realizzano navi molto grandi, ma in cantieri situati lungo le rive dei fiumi, per cui la conduzione delle nuove produzioni verso la costa richiede la navigazione in acque ristrette;
- ❑ nelle stazioni a terra che costituiscono la rete di Vessel Traffic Services (VTSs);

Settori di impiego dell'ECDIS

- ❑ sulle imbarcazioni e nelle stazioni a terra di strutture per il monitoraggio ambientale;
- ❑ a bordo di navi per ricerche scientifiche (idrografiche ed oceanografiche);
- ❑ nei centri di formazione e addestramento quali ausilio alla simulazione della navigazione.

Tipica visualizzazione al display di un ECDIS basato sul software prodotto dalla Sevens (7cs): particolare del monitoraggio della nave durante la navigazione in acque ristrette (fonte: Sevens)

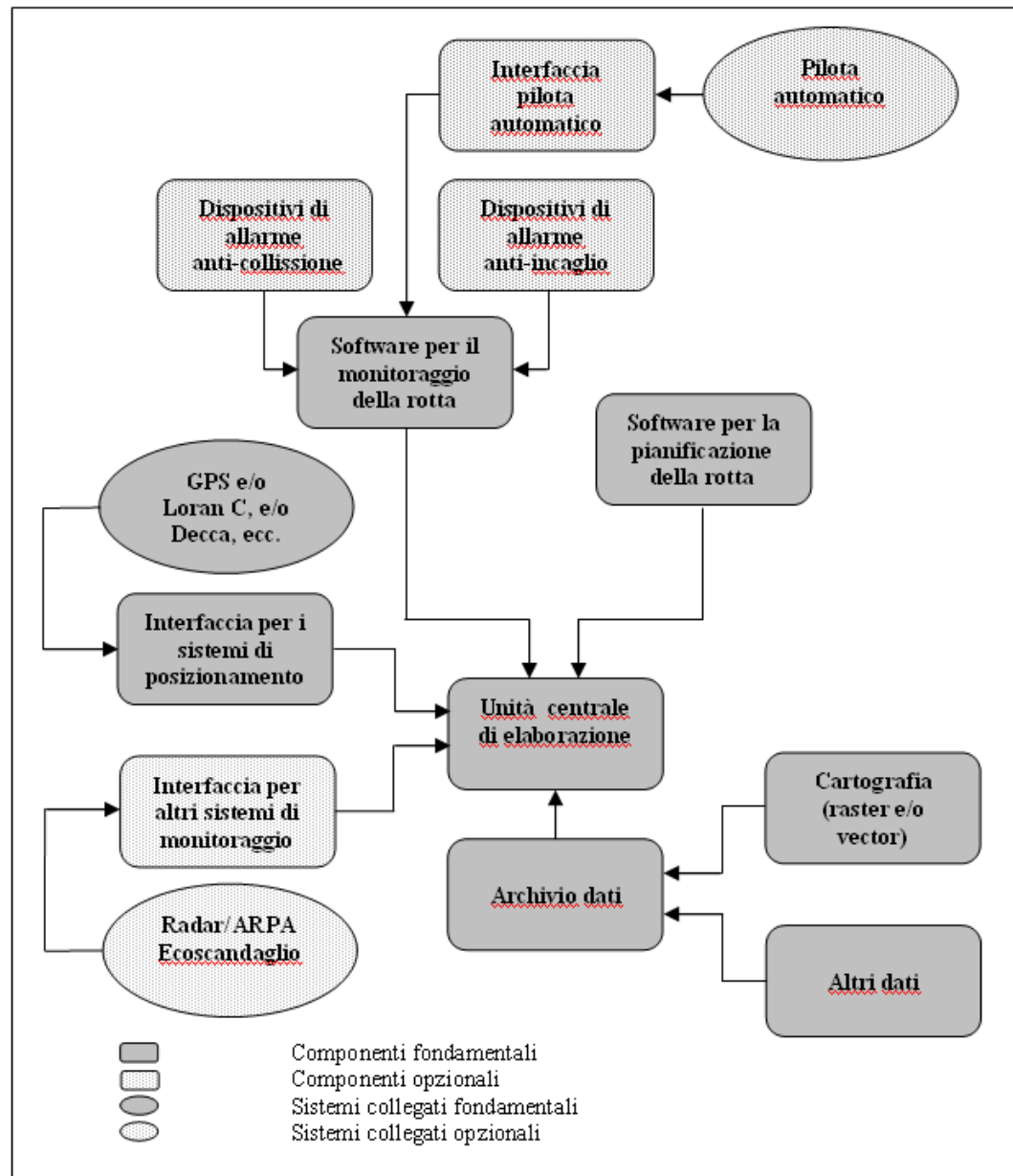


Electronic Charting System (ECS)

Un sistema informativo di ausilio alla navigazione basato sul supporto cartografico, qualora non rispondente ai requisiti di un ECDIS, viene solitamente indicato nella letteratura anglosassone come **ECS (*Electronic Charting System*)**. Il database cartografico può essere costituito da carte nel formato raster e/o in quello vettoriale.

Oltre all'impossibilità formale di un suo impiego in sostituzione delle tradizionali carte nautiche aggiornate che necessariamente vanno tenute a bordo in base alla regola V/20 della *SOLAS Convention*, un ECS presenta una serie di limiti funzionali connessi anche alle caratteristiche del database cartografico.

Electronic Charting System (ECS)



Plotter systems

I plotter systems consentono di visualizzare la posizione della nave, solitamente ottenuta tramite tecniche GPS, su carte digitali in formato vettoriale solitamente semplificate.

Destinati ad un mercato comprendente le piccole e medie imbarcazioni (essenzialmente pescherecci, mercantili, navi da diporto), tali sistemi presentano dimensioni contenute: sempre più spesso si utilizzano PC, sia desktop che portatili (Macintosh o IBM compatibili).

Plotter systems

L'unità operativa può inglobare in sé le funzioni di determinazione della posizione o, più frequentemente, è interfacciata ad un ricevitore esterno.

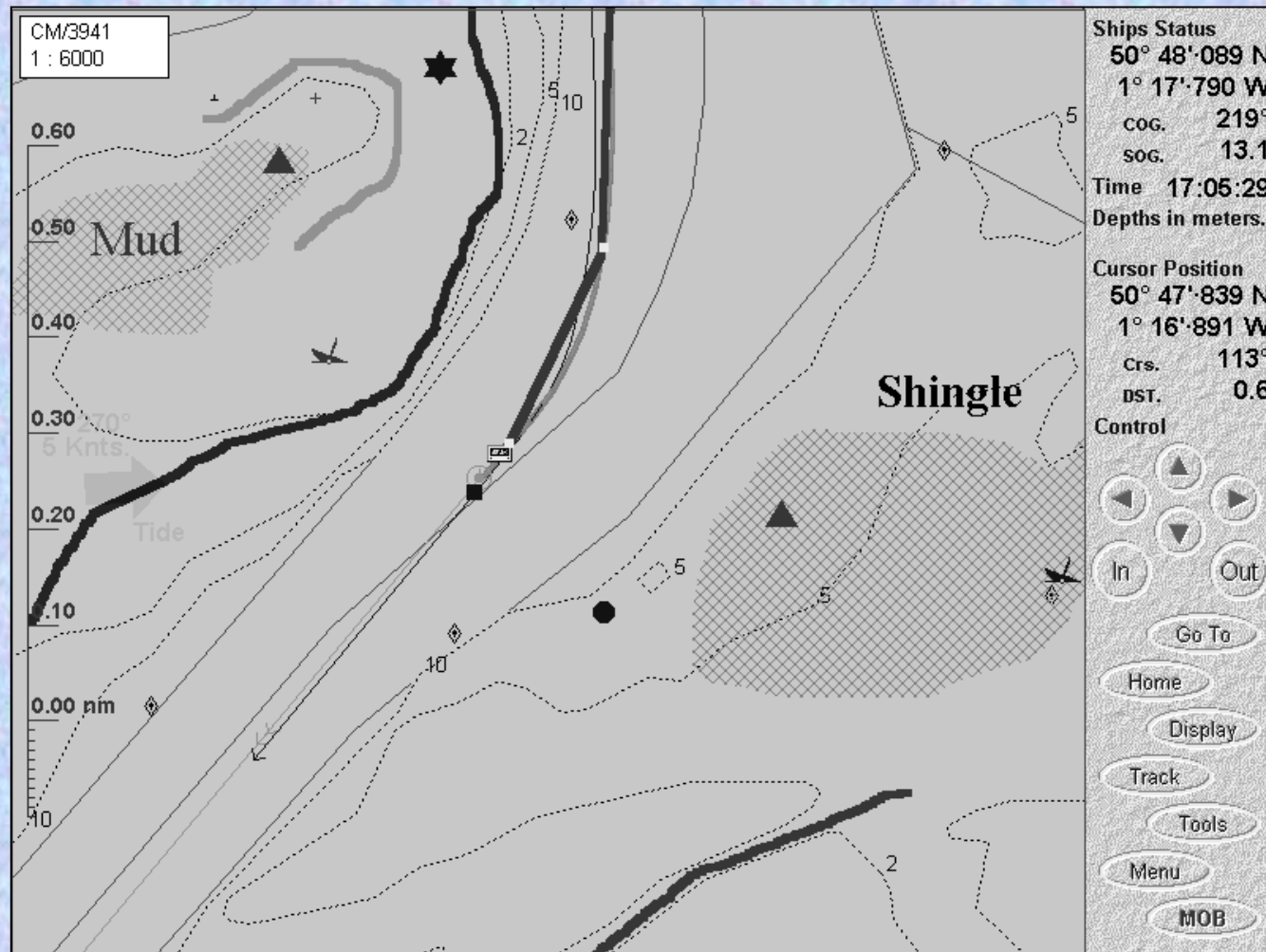
I punti ritenuti di interesse per il navigante possono essere immagazzinati nel sistema o fornendo le relative coordinate o individuandoli e selezionandoli direttamente sulla carta digitale. Tali punti possono essere archiviati in una *route* per la pianificazione della navigazione e venire modificati all'occorrenza durante il viaggio.

Plotter systems

La cartografia, in formato vettoriale, fornisce l'andamento della linea di costa, le indicazioni di ausilio ai naviganti, i punti di interesse, gli azzardi.

A scapito di un minore quantitativo di informazioni, questi sistemi offrono in alternativa costi più contenuti e richiedono un minor spazio di memoria per l'archiviazione dei dati cartografici.

Visualizzazione allo schermo di un plotter system (software: WinFishPro della Chartwork) - Sono evidenti le informazioni semplificate in formato vettoriale, la traccia della rotta, l'indicazione della posizione (fonte: <http://www.chartwork.com>)



Plotter systems



Modello del 1995



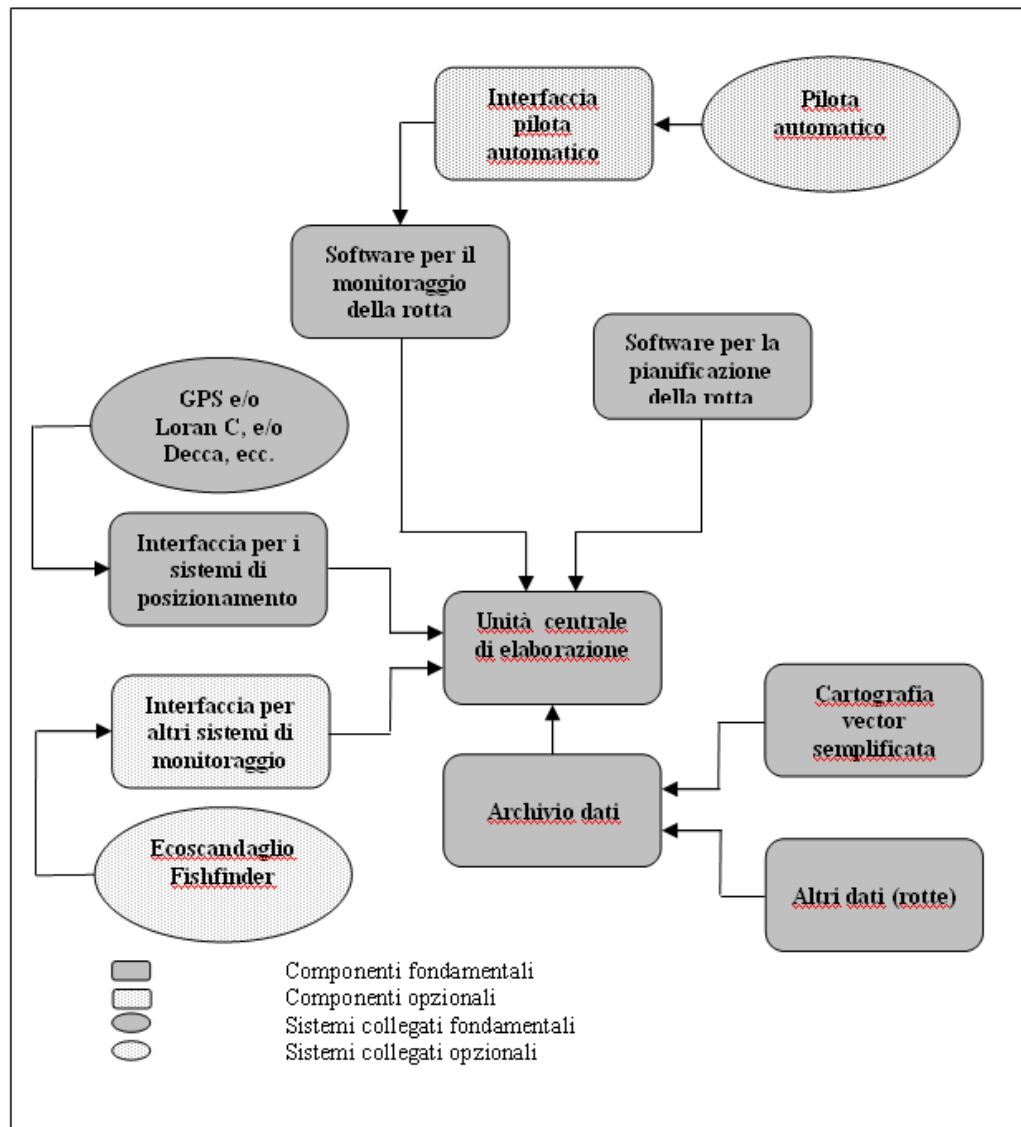
Modelli odierni

Plotter systems

Talvolta sono previsti i collegamenti ai sensori per lo scandagliamento dei fondali o per l'individuazione della fauna ittica, e l'interfacciamento con il pilota automatico, così da consentire il controllo della navigazione e il mantenimento dell'imbarcazione su una rotta prefissata.

Molti sistemi permettono di archiviare i dati di posizione relativi alla rotta seguita (track points o way points): premendo di volta in volta un pulsante il navigante può attivare la registrazione delle coordinate relative ad un certo istante; la visualizzazione del percorso seguito consente eventualmente di ripercorrere lo stesso in senso opposto, nel caso, ad esempio, si debbano effettuare operazioni di recupero.

Plotter systems



Way point systems

Si ricorda infine che sul mercato sono disponibili a basso costo alcuni sistemi molto semplificati, solitamente denominati ***way point systems***, costituiti da ricevitori palmari GPS (ovvero GNSS) muniti di display per la visualizzazione grafica della posizione e della rotta su di un piano cartesiano o su basi cartografiche.

Essi possono servire anche per navigazione non necessariamente marittima.

Way point systems



Modello del 1995



Modello odierno