

Vergleichuntersuchungen zwischen traditionellen Wegemessungsmethoden und Handheld-GPS-Empfängern

Vasilios K. Drossos¹ * Vasilios Io. Giannoulas² * Aristotelis-Kosmas G. Doukas³

1 Lektor, Dimokritus Universität in Thrazien. Abteilung für Forstwissenschaften und Umweltverwaltung und Naturressourcen. Griechenland. 2 Lektor, Aristoteles Universität Thessaloniki. Abteilung für Forstwissenschaften und Natürliche Umwelt Griechenland. 3 Professor, Aristoteles Universität Thessaloniki. Abteilung für Forstwissenschaften und Natürliche Umwelt Griechenland.

Zusammenfassung

Die Zweckmäßigkeit von Hand-GPS in einem weiten Anwendungsbereich in Verbindung mit seinen kleinen Kosten hat uns zur Erforschung seiner Glaubwürdigkeit innerhalb des Waldes in Griechenland und konkreter zur Prüfung seiner Eignung für die Wegaufnahme geführt, verglichen mit den traditionellen Methoden. Die Messungen wurden im Februar 2004 im Lehrwald Taxiarchis – Wrastama mit einem preiswerten (Hand-) G.P.S., Etrex von GARMIN, im Waldgebiet „Solinaria“ durchgeführt. Zur statistischen Analysis wurden die Werte der geodätischen Station als Wahrwerte angenommen. Man hat die horizontalen Koordinaten der geodätischen Station, des Kompasses und von G.P.S. zur Berechnung der Differenzen, im Griechischen Koordinaten System '85 verglichen und statistisch analysiert. Schließlich wurde die Messungsgenauigkeit mit G.P.S. berechnet, die entsprechenden Ergebnisse gebracht und die bezüglichen Vorschläge für seine forstliche Anwendung gemacht.

Schlüsselworte: G.P.S., Aufnahme, Satellit.

1. EINFÜHRUNG

In der Zeitperiode von 1985 und 1986 begann die Einführung einer neuen Technologie, G.P.S., als das aktuelle Datenerfassungspositionssystem mit Voraussetzungen und Perspektiven zur raschen Entwicklung für seine Bediener.

Einige Anwendungen von G.P.S. in der Forstpraxis sind folgende:

a. Geodäsie

Die hohe Genauigkeit, die die Phasenmessungen der tragenden Welle anbieten, bildet ein ausgezeichnetes Arbeitsmittel für eine Reihe von geodynamischen, geodätischen und topographischen Anwendungen.

G.P.S. wurde von den Laboratorien Höheren und Satelliten Geodäsie verwendet, um das Griechische Trigonometrische Netz zu unterstützen und das neue Griechische Koordinaten -System '87 zu realisieren. Man verwendet es, um die Kleinbewegungen und Verformungen der Erdkruste oder von Staudamm zu untersuchen, hydrographische Aufnahmen und Unterwasserverkabelungen durchzuführen (Sakkos und Vorrias, 1998, Papisissis und Paradissis, 2001).

b. Waldkataster

Bei den Waldkatasterarbeiten werden gewöhnlich die kinematischen und „Stop und Go“ Methodologien angewandt, während man für die Triangulationsarbeiten die statischen und „Stop und Go“ Ermittlungsmethoden verwendet. G.P.S. bildet ein wertvolles Arbeitsmittel für die Geographischen Informationssysteme (GIS), die Phänomene mit dem geografischen Raum in Beziehung bringen. GIS sind eine neue Technologieeignung zum Sammeln, Speichern, Bewirtschaften und Analysieren von Daten. Viele Firmen in Europa fertigen GIS – Programme an, um Waldkarten, Katastertabelle zu erneuern und den Waldkataster mit der Hilfe von digitalen Karten zu begrenzen, die durch Internet genommen werden und im Feld mit GPS zusammenarbeiten (Doukas, 2001).

c. Wegebau

Nach der Abschaffung der Selektiven Verfügbarkeit wird das Internationale Datenerfassungssystem beim Wegebau ausgedehnt angewandt, die traditionellen Vermessungsmethoden ersetzend, die sich auf dem Einsatz der geodätischen Station, des Theodolithen und Nivellierinstrumentes stützten. G.P.S. – System kann ein nützliches Arbeitsmittel für den Vermessungsingenieur sein, der sich mit Wegebauarbeiten beschäftigt (Varvanis und Vasiliadis, 1996).

Außer der Aufnahmen kann GPS auch bei anderen Wegebauanwendungen eingesetzt werden, wie Wegeabsteckungen. Mit der Installation von entwickelten Steuerungssystemen in den Erdbaumaschinen kann die genaue Stelle der Maschine bestimmt werden, sich auf die GPS – Technologie stützend.

c. Forsteinrichtung - Ernte und Bringung von Waldprodukten

Handliche GIS – Programme und geeignete Datenbasis stehen der modernen Forsteinrichtung zur Verfügung (Sprenger, 2003a,b).

In den letzten Jahren findet das Internationale Datenerfassungssystem bei der Forsteinrichtung eine große Anwendung, da dieses Instrument den Forschern erlaubt, die Produktivität der bei den Waldarbeiten eingesetzten Maschinen zu bestimmen. GPS – System ist vorteilhafter im Vergleich zu den traditionellen Forsteinrichtungsmethoden, weil es geringere Arbeitszeit bedarf und größere Genauigkeit anbietet (Taylor, McDonald et.al. 2001). Dies erreicht man mit der Installation von Empfängern in den Bodenbearbeitungs- und Erntemaschinen. Durch die Erstellung einer Fahrspurenkarte kann man die Fahrt und Geschwindigkeit der Fahrzeuge bestimmen und den Bodendruck, den sie auf dem Wege üben, mit Berechnung der Verkehrsintensität zu verwerten (Seeber, 1993).

d. Leitung einer Flotte von Feuerwehrfahrzeugen

Die Wegaufnahme eines Waldgebiets gibt die Möglichkeit zur Informierung der geeigneten Karten, um ein Feuer schneller abzuwehren oder auszulöschen.

Eine große Anerkennung, besonders in Europa und Japan, findet auch die Kombination von GPS und elektronischen Karten zur Leitung von Fahrzeugenflotten, z.B. Feuerwehr-, Polizei- und Krankenfahrzeugen. Jedes Fahrzeug verfolgt seine Fahrt auf eine elektronische Karte, die mit Informationen über den Richtungswechsel, die Wetter-, Weg- und Verkehrsverhältnisse ausgerüstet ist. Durch diese Weise wird die Fahrt aller Fahrzeuge in jedem Augenblick von der Zentralstation geprüft und korrigiert. Die Nützlichkeit der GPS – Empfänger bekommt eine größere Bedeutung in Notfällen, wie die Gefahr vor Feuer, in Gesundheitsumständen, wobei die Erreichung der schnellsten Fahrt dringend ist (Wells, 1987).

Was die Notfälle betrifft, sollen wir beiläufig die Tatsache betonen, dass GPS auch zur Rettung von Waldarbeitern, die jetzt allein und nicht in Gruppen arbeiten, beiträgt. Das wird durch die Verbindung von GPS mit Handy, sodass in einem Unfall während der Arbeit die Ortsbestimmung des Waldarbeiters möglich ist.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung der Nützlichkeit von Hand - GPS (preiswert) und seiner Glaubwürdigkeit innerhalb Waldes in Griechenland und konkreter die Prüfung seiner Eignung im Vergleich zu den traditionellen Wegeaufnahmefethoden.

2. MATERIALIEN UND METHODEN

2.1. Forschungsgebiet

Der Lehrwald Taxiarchis - Vrastama liegt in südlichen und westsüdlichen Hängen des Holomon Berges auf Halkidiki und ist ungefähr 73 km von Thessaloniki entfernt. Er befindet sich zwischen $40^{\circ}23'$ – $40^{\circ}28'$ geographische Breite und $23^{\circ}28'$ – $23^{\circ}34'$ geographische Länge in einer Meereshöhe zwischen 320-1165 m. Im gewählten Gebiet „Solitaria“ (Abb. 1) wurde ein Weg sowohl mit klassischen topographischen Methoden (Geodätische Station und Kompass), wie auch mit G.P.S. aufgenommen. Das Gebiet „Solitaria“ liegt west-südlich vom Forstamt, in den Grenzen der öffentlichen Wälder von Polygyros – Palaiochora und des Lehrwaldes Taxiarchis und wird in folgenden Einrichtungsabteilungen umfasst:

- Abteilung 16 (ARIKLAR)
- Abteilung 53 (SOLINARIA)

Die Region ist in 96% von *Quercus Conferta* und *Quercus Pubescens*, *Fagus Moesiaca*, *Pinus Brutia* und *Pinus Nigra* bedeckt. Die Region befindet sich in einer Meereshöhe von 700-890 m und hat eine Exposition SW und NW. Das Relief ist gebirgig mit Neigungen nicht größer als 45% und die Baumhöhe schwankt zwischen 15-25 m, während die Wegbreite zwischen 4 bis 5 m schwankt und von Eichen umgeben ist.

2. Instrumentenwahl

Der Waldweg von Solitaria wurde im Lageplan aufgenommen, sowohl mit der geodätischen Station TC 805 (Abb. 2), wie auch mit dem forstlichen Hand- Prisma-Kompass Meridian, der gewöhnlich in Griechenland verwendet wird (Abb. 3).

Die Genauigkeit der geodätischen Station ist nach den technischen Vorschriften 2-5 mm + 2 ppm, der Messungszeit und der Entfernung entsprechend.

Das Hand – GPS war Etrex der Firma Garmin (Abb. 4) und seine technischen Daten sind in der Tabelle 1 ersichtlich. Es handelt sich um einen Empfänger, der 150 gr wiegt und Signale von 12 Satelliten empfängt, mit deren Hilfe unsere Positionsbestimmung, die Geschwindigkeit und die Bewegungsrichtung, wie auch die Zeit und Entfernung bis der Endbestimmung erreicht wird.

Tabelle 1
Technische Daten von G.P.S.

Gestell	Wasserdicht, hohe Druckfestigkeit
Größe	11,2 cm x 5,1 cm x 3,1 cm
Gewicht	etwa 150 gr
Funktionstemperaturen	-15 bis 70°C
Empfänger	12 parallele Kanäle /differential ready
Empfangszeit des Signals	etwa 15 sec / erstmal etwa 5 min
Erkundungsrhythmus (takt)	kontinuierlich je 1 sec
Stellegenaugigkeit	15 m
Geschwindigkeitsgenaugigkeit	0,1 Knoten
Antenne	integriert
Spannung	2 Batterien AA 1,5V, Lebensdauer 22 Stunden in Position „Battery save mode“

2.3. Arbeitsmethode

2.3.1. Aufnahmeprozess mit der geodätischen Station

a. Verbindung mit dem trigonometrischen Regionnetz

In dieser Phase wurde die Verbindung des trigonometrischen Punktes Xafos mit den polygonischen Punkten des Weges „Solitaria“ bewerkstelligt. Infolgedessen wurde sich das Instrument vom trigonometrischen Punkt Xafos zum trigonometrischen Punkt „Agouritsa“ orientiert und ein Nachbarpunkt berechnet (ekentro).

Die Koordinaten der Verdichtungspunkte lauten wie folgt:

Trigonometrischer Punkt von Agouritsa : E = 461235,9 und N = 4473524,5

Trigonometrischer Punkt von Xafos : E = 457989 und N = 447558

Nachbarpunkt: E = 457980 und N = 4472560

b. Berechnung des Polygonzuges

Die Orientierung des Instruments von den Verbindungspunkten folgte die Einleitung der notwendigen Koeffizienten (Faktoren) in der geodätischen Station, um die Temperatur- (ΔD_1), die Höhen- (ΔD_2) und die lokalen relativen Feuchtigkeitsfehler (ΔD_3) mit der Hilfe der regionalen Tabellen zu korrigieren. In der Folge wurden die horizontalen und senkrechten Winkel und Entfernungen berechnet.

c. Aufnahmeprozess mit GPS

Die mit GPS durchgeführten Feldmessungen werden in zwei Kategorien eingeteilt. a. Messungen für die Verbindung des Polygonzuges und b.

detaillierte Messungen zur Wegeaufnahme. Die ausgewählte Methode zur Messung der Verbindungspunkte ist die statistische Methode mit einem Empfänger und Aufenthaltszeit 1 min, während man für die Detailpunkte die „Stopp and go“ Methode angewandt hat. Aufenthaltszeit in jedem Punkt 10-20 sec. Die Punktkoordinaten wurden gespeichert.

2.3.3. Aufnahmeprozess mit Kompass

Die Messungen der Stands- und Detailpunkte wurden von Punkt zu Punkt mit Messung des Azimuts mit Kompass und der Entfernung mit dem Messband ausgeführt. In der Folge wurde das Achsensystem des Kompasses zu den Kartennorden gedreht.

2.3.4. Fehlertheorie

Die Messungen wurden im Februar 2004, d.h. nach der Abschaffung der Selektiven Verfügbarkeit mit einem preiswerten Hand – G.P.S., Etrex – Garmin durchgeführt. Zur statistischen Analysis wurden die Werte der geodätischen Station als Wahrwerte angenommen. Zur Prüfung der Messungsfehler wurde folgendes berechnet:

- a. Der Durchschnitt der Messungsausweichungen aus dem Wahrwert mit der Formel des mittleren arithmetischen Fehlers μ_{α} :

$$\mu_{\alpha} = \pm (u) / n$$

wobei:

(u) = die Summe der absoluten Werte der tatsächlichen Unterschiede (Fehler) u_1, u_2, \dots, u_n

n = die Menge der Beobachtungen.

- b. Der mittlere quadratische Fehler der Messungen μ_{τ}

$$\mu_{\tau} = \pm [(uu) / n]^{0,5}$$

wobei:

$$u = E_t - E_G$$

E_t = die Wahrwerte der Koordinate aus der geodätischen Station

E_G = die mit GPS ermittelte Koordinate

n = die Messungsanzahl

- c. Das Kriterium des mittleren quadratischen Fehlers des Mittelwertes μ_M .

Die obenerwähnten Fehler bestimmten den Fehler jeder einzelnen Messung der Reihenfolge und nicht des Wahrwertes des Mittelwertes. Der mittlere quadratische Fehler des Mittelwertes (μ_M) wird aus der Formel abgegeben:

$$\mu_M = \pm [(uu) / n \times (n-1)]^{0,5} = \pm \mu_{\tau} / n^{0,5}$$

d.h. der Wahrwert schwankt zwischen den Zahlen $(L + \mu_M)$, $(L - \mu_M)$.

3. RESULTATE

Aus der Forschung und Untersuchung der sich aus der geodätischen Station, dem Kompass und GPS ergebenden Daten des Forschungsgebiets, gehen, aufgrund der Fehlertheorie, die Angaben der Tabelle 2 hervor.

Tabelle 2
Genauigkeit der Forschungsmethoden

Messungs- methode	Messungs- verhältnisse	Mittlerer arithmetischen Fehler μ_{α} m		Mittlerer quadratischer Fehler μ_{τ} m		Mittlerer quadratischer Fehler des Mittelwertes μ_M m	
		E	N	E	N	E	N
Kompass	kleine Länge (≤ 160 m)	1,130	2,639	2,055	3,750	0,358	0,653
	große Länge (> 160 m)	6,566	8,433	6,571	8,460	1,549	1,994
G.P.S.	günstige ($\Sigma_1.. \Sigma_4$)	4,476	7,498	6,297	9,529	1,096	1,659
	ungünstige ($\Sigma_4.. \Sigma_5$)	6,817	11,967	7,377	12,392	1,739	2,921
G.P.S.	Punkte an der rechten Seite des Forstweges	6,358	12,041	6,778	12,240	1,644	2,969
	Punkte an der linken Seite des Forstweges	6,458	11,035	6,887	11,446	1,670	2,776
	Punkte an der Achse des Forstweges	7,83	12,088	9,123	12,417	2,213	3,012
Kompass	Insgesamt	3,447	5,615	4,412	6,271	0,618	0,878
G.P.S.	Insgesamt	6,733	11,476	7,597	11,914	1,064	1,668

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND VORSCHLÄGE

Schlussfolgerungen

Aus der Analysis der Forschungsergebnisse ergibt sich:

- Was die geodätische Station in Verbindung mit den anderen betrifft:
 1. Die zur Durchführung der Messungen erforderliche Zeit ist sehr lang (wegen der Zentrierung , Horizontierung, und Orientierung u.s.w. des Gerätes) im Vergleich zu den anderen Methoden.
 2. Man bedarf Sichtbarkeit zwischen den Punkten, was mit GPS nicht notwendig ist
 3. Aufnahme während des Tageslichtes und mit günstigen Wetterverhältnissen, was mit GPS nicht Voraussetzung ist.
 4. Die Batterie ist zur Messung der Entfernungen und der Winkel nötig, was mit Compass nicht passiert.
 5. Man beschäftigt einen Stabträger und ausgebildetes Personal , mit GPS nicht.
 6. Grosse Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Messungen im Vergleich zu den anderen

7. Präzise Aufnahme des Reliefs, unabhängig vom Vorhandensein oder nicht von dichter Pflanzung, während man mit GPS freien (offenen) Himmel benötigt.

- Was GPS betrifft:

1. Die zur Durchführung der Messungen erforderliche Zeit ist sehr beschränkt im Vergleich zu den anderen traditionellen Methoden
2. Man benötigt keine Sichtbarkeit zwischen den aufgenommenen Punkten
3. Es funktioniert unter irgendwelchen Wetterverhältnissen und für 24 Stunden.
4. Man beschäftigt nur eine nicht ausgebildete Person.
5. Die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Messungen steht im Vergleich zu den anderen traditionellen Methoden nach (mittlerer arithmetischer Fehler in Ostrichtung gleich mit $\mu_\alpha = 6,733$ m und in Nordrichtung gleich mit $\mu_\alpha = 11,476$ m, mittlerer quadratischer Fehler in Ostrichtung gleich mit $\mu_\tau = 7,597$ m und in Nordrichtung gleich mit $\mu_\tau = 11,914$ m und mittlerer quadratischer Fehler des Mittelwertes in Ostrichtung $\mu_M = 1,064$ m und in Nordrichtung gleich mit $\mu_M = 1,668$ m)

Man bemerkt aber, dass bis dem Standpunkt Σ_4 , wo die Höhe der Bäume 15-20 m und der Himmel relativ offen war (Photo), die entsprechenden Angaben (Tabelle 2) der mittleren quadratischen Fehler waren $N_{\mu_T} = 9,5$ m und $E_{\mu_T} = 6,3$ m, während nach dem Standpunkt Σ_4 , wo die Höhe der Bäume um 35 m schwankt und der Himmel relativ geschlossen war, hat man $N_{\mu_T} = 12,4$ m und $E_{\mu_T} = 7,4$ m. Die mittlere Fehler sind sehr grob besonders wegen der Messungen nach dem Standpunkt Σ_4 .

6. Gebiete unter dichter Pflanzung können nicht aufgenommen werden.
7. Wegen der östlichen Orientierung des Polygonzuges werden größere Abweichungen in Nordrichtung $\mu_\tau = 11,914$ m im Vergleich mit den Abweichungen in Ostrichtung $\mu_\tau = 7,597$ m betrachtet.
8. Die Fehler hängen von der Stelle und Anzahl der empfangenen Satelliten und nicht von der Stelle der Standpunkte von G.P.S. ab (Tab. 2) und das wird von dem größeren Fehler in Nord-Richtung und nicht in Ost-Richtung bestätigt (Tab. 2).

- Was dem Kompass betrifft:

1. Die zur Durchführung der Messungen erforderliche Zeit ist sehr kleiner im Vergleich zu der geodätischen Station und größer im Vergleich zu GPS.
2. Die Messungen hängen von der Erfahrung und der Geschicklichkeit des Beobachters ab.
3. Die Messungen werden unter fast allen Wetterverhältnissen während des Tages durchgeführt.
4. Man beschäftigt 2 Personen zur Azimut- und Entfernungsmessung mit Messband. Man hielt jeden eisernen Gegenstand fern.
5. Geringere Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Messungen von der geodätischen Station und größere vom GPS. Mittlerer arithmetischer Fehler in Ostrichtung gleich mit $\mu_\alpha = 3,5$ m und in Nordrichtung gleich mit $\mu_\alpha = 5,6$ m, mittlerer quadratischer Fehler in Ostrichtung gleich mit $\mu_\tau =$

4,412 m und in Nordrichtung gleich mit $\mu_T = 6,271\text{m}$ und mittlerer quadratischer Fehler des Mittelwertes in Ostrichtung $\mu_M = 0,618\text{ m}$ und in Nordrichtung gleich mit $\mu_M = 0,878\text{ m}$. Grobe Fehler werden ausgeschlossen, weil im Fall eines Fehlers parallele Verschiebung und nicht Drehung beobachtet wird.

6. Die Aufnahme ist vom Vorhandensein von Pflanzung unabhängig.
7. Wegen der Achsendrehung zur Anpassung auf der Karte nach der magnetischen Abweichung $\delta = + 2^g 385$, steigert sich der Fehler mit der Zunahme der Entfernung vom Anfangspunkt, d.h. für $L = 160,65\text{ m}$, $\mu_T = 2 - 3,7\text{m}$, während für $L = 160 - 191,58\text{ m}$ $\mu_T = 6,5 - 8,4\text{ m}$ (Tab. 2).

Vorschläge

Aus den obenangeführten kommt man zum Ergebnis, dass die Aufnahme und Absteckung eines Waldweges mit Hand-GPS in großen Maßstäben (> 1:10000) nicht akzeptierbar ist, wegen des vorkommenden Fehlers (7,5 – 12m), während sie mit dem forstlichen Prismakompass genauer ist mit Fehler 4,4 – 6 m. Im Falle aber offenen Himmels und niedriger Baumhöhe weisen sie ungefähr die gleiche Genauigkeit auf.

1. Man schlägt die Auswertung des Hand-GPS beim Waldwegebau bei der Vorentwurf und Kartierung eines Waldweges in kleinen Maßstäben (<10000) vor.
2. Die Entwicklung und Anwendung der Auswertungsdienste der geographischen Stelle (Position) in palmtop erlaubt mit dem Gebrauch eines Hand-GPS, die genaue Position des Geräts in jedem Zeitpunkt zu kennen. Die Anwendung dieser Technologie im Wald und in Waldgebieten ist unentbehrlich trotz der vielen Schwierigkeiten, die sie aufweist, gleichzeitig in ausgedehnten Waldgebieten ist sie sehr nützlich.

Man führt charakteristisch einige wahrscheinliche Szenarios für die Verwirklichung dieser konkreten Anwendung in der Forstpraxis an, wie z.B. seine Anwendung von einem Naturfreund, der gerne Spaziergänge im Wald macht, bis die Steuerung von Feuerwehrfahrzeugen, oder von Holzrück- und -bringungsfahrzeugen, von Erdarbeiten und Forsteinrichtungsarbeiten, die Kartierung von Waldwegen in einer Karte mit kleinen Maßstab, wie auch die Kontrolle der Waldkatasterkarte und der thematischen Karten, die Erkundigung der Datenbasis. Diese Anwendungen von der Seite des Forstdienstes befassen ein Feld mit Ausdehnung ungefähr 60% der gesamten Landesfläche.

Literatur

1. Warwanis A., Wasiliadis Th., 1996. «Anwendungen von GPS beim Wegebau». Diplomarbeit des Sektors für Geodäsie und Vermessungskunde. Aristoteles Universität. Thessaloniki.
2. Glouftsi S.: Magisterarbeit. 2004
3. Doukas A.-K. Γ., 2001. «Aufnahme von Agrar- und Waldflächen». Verlag Giachoudis – Giapoulis. Thessaloniki.
4. Papisissis K., Paradissis D., Farsaris M., 2001. « Technologie von GPS für topographische Anwendungen im Metsowo – Gebiet». Metsowio

Zentrum für Wissenschaftliche Forschung. Nationale Metsowio Hochschule. Athen.

5. Sakkos L., Worrias E., 1998. «Beobachtung der Kleinbewegungen der Erdkruste im Erdbebenbereich von Migdonia -Becken aus zwei Beobachtungsreihen mit G.P.S.». Dissertationsarbeit des Sektors für Geodäsie und Vermessungskunde . Aristoteles Universität. Thessaloniki.

6. Seeber G., 1993. Satellite Geodesy, Foundations, Methods and Applications. Published by Walter de Gruyter. New York.

7. Sprenger Anton: 2003. Forst-GIS im Internet: Kunden definieren ihren Standort. Forstzeitung, Heft 10, S. 12-13.

8. Sprenger Anton, 2003. Handeln wie ein Forstbetrieb - WWG - Kooperation mit Web-GIS. Forstzeitung, Heft 4, S. 16-17.

9. Verwaltung der Lehrwälder, 2002. Einrichtungplan der Lehrwald Taxiarchis – Wrastama in der Periode 2002-2011.

10. Taylor S. E., McDonald T. P., Veal M. W., Griff T. E., 2001. Using GPS to evaluate productivity and performance of forest machine systems. Auburn University, Auburn.

11. Wells D., 1987. Guide to GPS Positioning. Canadian GPS Associates. Fredericton, N.B., Canada.